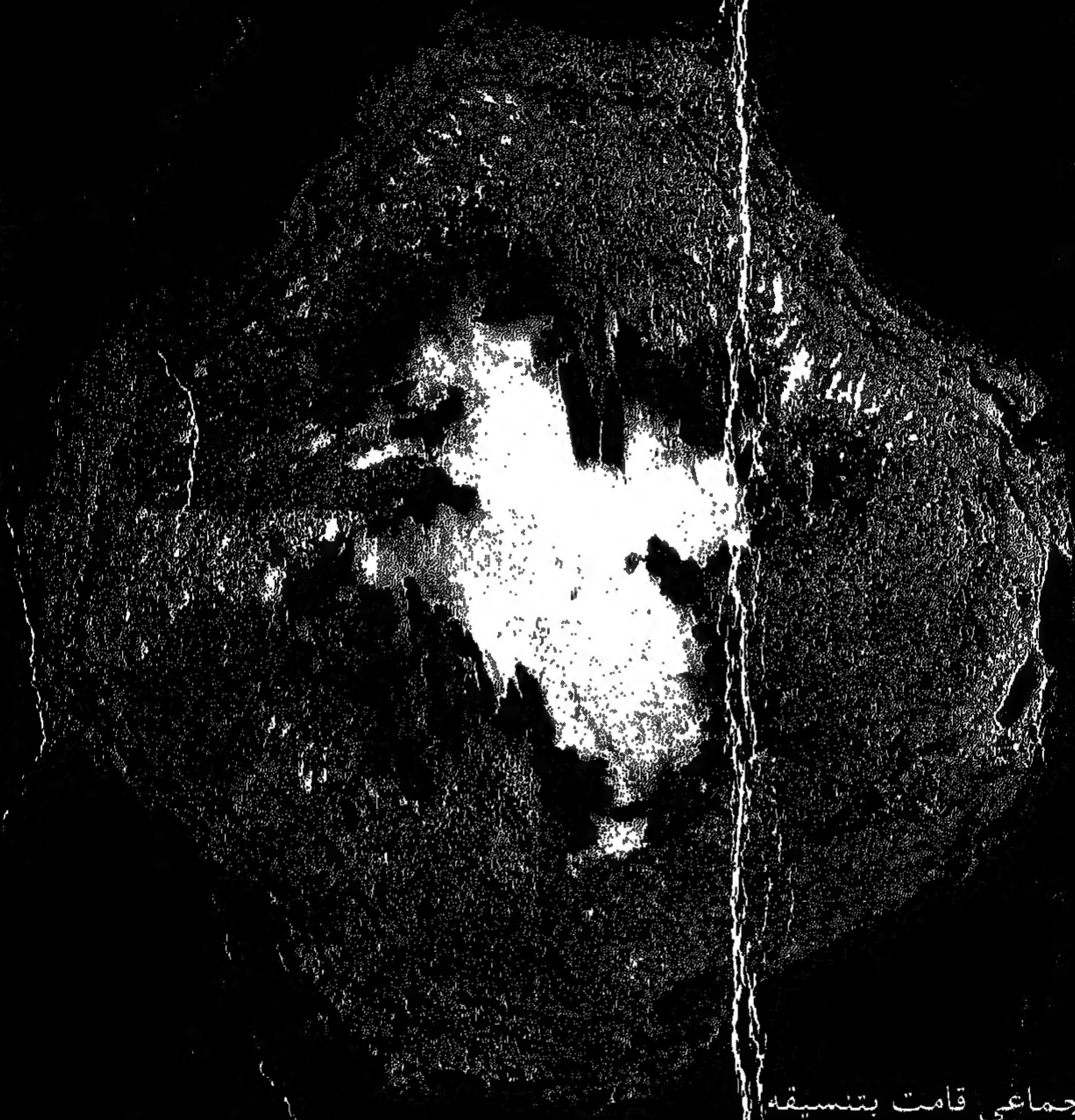
الحفظ في علم الآثار



مؤلف جماعي قامت بتنسيقه

ماري ك. بردكو

ترجمة

د. محمد أحمد الشاعر

المعهد العلمي الفرنسي للآثار الشرقية

الحفظ في علم الآثار

الطرق والأساليب العملية لحفظ
وترميم المقتنيات الأثرية

الحفظ في علم الآثار

الطرق والأساليب العملية لحفظ وترميم المقتنيات الأثرية

مؤلف جماعي قامت بتنسيقه
ماري لك. برديكو

ترجمة
د. محمد أحمد الشاعر

الناشرون
مونيك دربيه
ميشيل ڤيتمان

تمت الترجمة بالتعاون مع
قسم الترجمة بالمركز الفرنسي للثقافة والتعاون



المعهد العلمي الفرنسي للآثار الشرقية بالقاهرة

مكتبة عامة، المجلد ٢٢ ، ٢٠٠٢

ISBN 2-7247-0319-7 ISSN 1110-2470

فهرس الكتاب

مقدمة المُترجم

في الآونة الأخيرة، نما الاحساس في المنطقة العربية بضرورة القيام بحفظ وترميم المقتنيات الأثرية من حيث كونها تراثاً يعكس الحضارات المتعددة التي مرت على المنطقة. وقد أدرك القائمون على الأمر حتمية الأخذ بالوسائل العلمية في هذا المضمار، وضرورة إعداد المتخصصين للقيام بذلك العمل إعدادا علميا وافيا لمجابهة المسؤلية الضخمة الملقاة على عاتقهم. فالعامل الماهر والفني الخبير في قطاع ما، لا يكون لديه بالضرورة الحساسية الكافية تجاه المشاكل الخاصة بالحقل الأثري وإدراك عظم مردودها على التراث الثقافي. ومن الأمور الجلية أن هذا لا يتأتي إلا عن طريق التعليم والتدريب لتلك الكوادر وتعريفها بأحدث ما وصل إليه العلم مع مزج ذلك بالخبرة المكتسبة للقائمين بالعمل في هذا المجال على المستوى العالمي.

ومن هنا تراءى لنا أهمية توفير مرجع باللغة العربية يكون جامعا لمختلف التقنيات ومتناولا لكافة المواد التي سوف نصادفها عند حفظ وترميم المقتنيات الأثرية. وقد روعي حذف بعض الأوجه غير الشائعة في منطقتنا العربية من النص الأصلي بسبب اختلاف الظروف المناخية والاعتبارات المكانية، وذلك بدون الإخلال بوحدة الكتاب وتطلع مؤلفوه لسرد كافة التفاصيل الدقيقة. وهذا الحذف تراوح ما بين عشرة وعشرون بالمائة من المحتوى الأصلي لأبواب الكتاب المختلفة.

وقد عملنا على أن يكون هذا الكتاب مكتوبا بلغة سهلة حتى يصبح مفهوما ليس فقط من قبل الخبراء في هذا المجال، بل أيضا من الفنيين المشتغلين في الحقل الأثري. نظرا لعدم الإتفاق بشكل نهائي على الترجمة العربية لكثير من المصطلحات العلمية فقد روعي ذكر المرادفات المختلفة لنفس الكلمة في اللغة العربية بل وشرح معنى المصطلحات الغريبة عن طريق جملة قصيرة.

وقد رأينا أنه من المفيد ذكر المقابل باللغة الأصلية للكتاب وهي اللغة الفرنسية لأغلب المصطلحات المستعملة، وذلك في سعينا الدئوب لأقصى درجة من الوضوح وعدم الإلتباس في معنى المصطلحات العلمية المستخدمة.

نأمل أن يملأ هذا الكتاب فراغا في المكتبة العربية في هذا التخصص، ليكون إضافة طال إنتظارها ويصبح خير معين للمتخصصين والعامة في هذا المجال.

وفي النهاية، أخص بالشكر المعهد الفرنسي للآثار الشرقية لاتاحة الفرصة لي للقيام بهذا العمل الذي أمتعني بقدر ما كلفني من مجهود وميشيل ڤيتمان الذي كان دائماً يدفع بهذا العمل للأمام.

كما أشكر قسم الترجمة بالمركز الفرنسي للثقافة والتعاون لرعايته لهذا العمل الضخم.

ا. د. محمد أحمد الشاعر

أستاذ ورئيس قسم الرياضيات والفيزياء الهندسية - كلية الهندسة، جامعة الزقازيق.

ابريل ٢٠٠٢

مقدمة الطبعة العربية

أثار ظهور الكتاب الذي قامت بتنسيقه ماري برديكو عام ١٩٩٠ موجة من السرور في فرنسا: فأخيراً أصبح لتلك المهنة الفنية لمرممي الآثار كتاب مرجعي!

أثناء بعثة ترميم عام ١٩٩٢ في موقع بلاط، والذي تقوم بالحفائر فيه بعثة من المعهد الفرنسي للآثار الشرقية، راودتنا فكرة ترجمة هذا الكتاب من أجل اهداء زملائنا المتحدثين بالعربية صورة من قواعد منهجية لمهنتنا بما فيها من معرفة ونواحي عملية كما نتصورها في فرنسا. وقد تطلب الامر عشر سنوات لانجاز تلك الطبعة.

دعونا نوجه من البداية الشكر بشدة للمؤلفين الذين استقبلوا مشروعنا هذا بحرارة وتابعوا على مر السنين مراحل تنفيذه. فبدون موافقتهم لما كان هذا الكتاب موجوداً الآن.

ثم لنتذكر نيقولا جريمال الذي كان حينذاك مديراً للمعهد الفرنسي للآثار الشرقية والذي وافق على الفور على نشر وطبع هذا العمل باللغة العربية ميسراً لنا الاجراءات الإدارية.

وأخيراً لنحيى العمل الباهر لزميلنا محمد الشاعر الذي ترجم تلك الصفحات ولزملائنا المرممين في المعهد الذين أعادوا قراءته: فمن اليوم يعرف أكثر منهم، فيما عدا المؤلفين أنفسهم، ما يموج في أوراق هذا الكتاب من أفكار؟

غير أن العمل الذي نقدمه لكم لا يعد الترجمة الكاملة لعمل ماري برديكو فقد تطلب الأمر تكثيف النص الأصلي بعض الشئ لتسهيل أعمال الترجمة وذلك بانتقاء الأجزاء التي تراءى لنا أنها تحمل الأفكار الأساسية وتقابل مشاكل الحفظ في البلاد المعنية. وقد خضعت تلك المختارات لموافقة المؤلفين. غير أن بعض المؤلفين لم يتيسر الاتصال بهم والبعض الآخر رأى أن كتاباته لا تتوافق مع جغرافية المنطقة وبعضهم وافق ثم اختفى وفقدنا اتصالنا به.

ولتلك الأسباب فإن هذا العمل قد خُصص بالذات للقطع الأثرية. أما النواحي المعمارية والنقوش المصورة فلم تأخذ حقها فيه، ونأمل أن نخصص في المستقبل مجموعة من النصوص لموضوعات الدراسة تلك، التي هى من الأمور الثمينة لكل من يعمل في حقل الحفريات.

لم نقم بتحديث البيبليوجرافية المصاحبة لهذا الكتاب مخافة أن يتسبب الاتصال بين الناشرين والمؤلفين في تعطيل النشر.

وقد حان الوقت لترجمة مجموعة النصوص تلك، فمهنتنا تتطور تبعاً للأبحاث التي تجري حول المعرفة بالمواد القديمة وظواهر التغيير والمنتجات الكيمائية التي نستعملها.

غير أن تلك النصوص لا يجب أن تؤخذ ككتاب للوصفات ولكن كمجموعة من الخطوات والأساليب العملية التي تحركها منهجية وأسلوب عمل.

فليجد في ذلك زملاؤنا في البلاد المتحدثة بالعربية العون والردود على الأسئلة التي يثيرها التراث، وباب مفتوح على ما يعتبر اليوم أسلوب منهجي: ألا وهو ترميم وحفظ المجموعات الأثرية.

مونيك دربيه، شركة ماتريا ڤيڤا، تولوز
ميشيل ڤيتمان، المعهد الفرنسي للآثار الشرقية، القاهرة
ابريل ٢٠٠٢

مقدمة الطبعة الفرنسية

نقدم هنا ثمرة مجهود لمجموعة عمل من المتخصصين في المجالات المختلفة. وقد حاولنا إصباغ شكل من أشكال الوحدة على هذا العمل، في الفكر والتنظيم الخاص بكل باب من الأبواب إلى جانب الاستعانة بتحرير الملحقات. هذا، مع ترك الحرية لكل مؤلف لتناول موضوعه تبعا لحساسيته الخاصة والصبغة التي تمليها عليه تجربته الذاتية.

وقد تناولنا عدة موضوعات منها: طبيعة المواد، التذكرات التقنية، آليات التغيير، المراحل الرئيسية في معالجات الحفظ والترميم: كل تلك الموضوعات قد تم تناولها في جميع الأبواب. بالنظر لتنوع تلك الموضوعات، فقد رؤيى إسناد تحريرها لعدة متخصصين منهم آثاريين وباحثين في المعامل ومهندسين وعلماء لتاريخ التقنية (التقانة – التكنولوچيا) ومشتغلين بالحفظ والترميم، مما جعل هذا الكتاب يبدو كقطعة من الفسيفساء مكونة من كل تلك الإسهامات المتعددة.

بالرغم من حرصنا على إتباع المنهجية التربوية فقد إنحزنا للأخذ بأسلوب عرض مركب لمختلف المفاهيم التي تندرج تحت حفظ الشواهد الأثرية بطريقة أكثر عملية. وهذا الاختيار يرجع إلى الوضع الراهن في مجالنا هذا وما أصبح يتطلبه من ثقافة متعددة الأوجه.

وقد إضطررنا لاضفاء شكل من أشكال الاختصار والتقريب على بعض نواحي العرض في أنحاء متعددة من هذا الكتاب. ونلتمس العذر من

المتخصصين في هذا المجال لما قد نكون لجأنا إليه من التعميم في بعض الأمور.

بُذل جهد فيما يخص توحيد ببليوجرافية المراجع المذكورة والتي قد تم جمعها في آخر هذا الكتاب. تم كتابة تذكرات في الملحق الأول في نهاية الكتاب وقد عمدنا فيها إلى تفسير بعض المصطلحات التي نستخدمها كلنا ولكن لا يهتم أحد بشرح معناها.

وأخيرا كيف كان يمكن تصور كتاب لطرق الحفظ والترميم بدون الرسومات والصور المتعددة ذات الطبيعة المتجانسة.

نأمل أن يصير هذا الكتاب ذو فائدة لكل المهتمين بمجال الحفظ والترميم.

ماري برديكو
٢٨ يونيو ١٩٨٩

الباب الأول

مقدمة للحفظ الأثري

ماري برديكو

الجزء الأول
حول حفظ المقتنيات الثقافية

مفهوم «المقتنيات الثقافية»

مفهوم المقتنيات الثقافية biens culturels مفهوم واسع جداً وغير محدد، وهو لم يُستعمل إلا في العقود الأخيرة، وقد ورد إستخدامه بدايةً من قِبل المنظمات الدولية التي تعمل في المجالات الثقافية (Unesco, 1969; 1970)، وقد بدا شيئاً فشيئاً يحتوي ويحل محل المفهوم الراسخ للفئات الآتية: الأعمال الفنية، الآثار العتيقة، الأشياء غير المألوفة، النماذج الفريدة، إلخ...، وجميعها كان الأمر فيها يختلط - منذ زمن ليس ببعيد - مع مفهوم الثقافة ذاتها.

يعطينا علم الآثار مثالاً جيداً للمسلك الذى يتخذه عدد متزايد من المستندات المختلفة من أجل إكتساب طابعا ثقافيا، فتلك المستندات تعتبر هنا على أنها مصدر من مصادر المعلومات الخاصة بتاريخ الإنسان والبيئة المحيطة به. وهذا يكسبها صفة كونها: «تراث». وليس من المبالغة القول أن المقتنيات الثقافية لا تكتسب مكانتها تلك إلا عند القيام بحفظها. يُعتبر مسئولو الحفظ هم من يمتازون بمنح هذه القطعة أو تلك للمكانة التي تحتلها ضمن المقتنيات الثقافية.

حفظ المقتنيات الثقافية

الحفظ هو مجموعة الوسائل التي تؤثر على القطعة أو على بيئتها بهدف إطالة وجودها لأبعد وقت ممكن: أول هدف من أهداف الحفظ هو العمل على الوصول بالمقتنيات الثقافية للخلود. لا يجب بأي حال من الأحوال أن تؤثر الإمكانات التي نلجأ إليها لتحقيق ذلك الغرض على طبيعة تلك المقتنيات ولا على المواد المكونة لها أو المدلولات التي تحملها تلك المواد: فالحفظ يجب أن يحترم وحدة وكمال القطع. ومن هذا المنطلق يعطي الحفظ دعمه الفني لمشروع شامل ألا وهو إقامة تراث نافع، بمعنى جعل هذا التراث قابل للدراسة والعرض والفهرسة على حسب الأحوال، ويكون دائماً من السهولة الوصول إليه.

إن تخصيص معالجة خاصة لبعض النتاج الإنساني من الحاضر أو الماضي بهدف إكسابه شكل يكتب له الدوام هو من التصرفات الغاية في القدم (قد ذكر Alain Schnapp (A. Schnapp, 1987, p. 59-60) نصاً جميلاً جداً خاص بنابونيد ملك بابل في القرن السادس عشر قبل الميلاد، الذى قام فيه بالبحث بطريقة أثرية (أركيولوچية)، ثم أعاد إقامة معبد أيبابار، الذي سبق وأن أقامه أحد أسلافه العظام، الملك حمورابي قبل اثنا عشر قرناً من ذلك الوقت).

ولم يعد حفظ استمرارية وظيفة معينة (وظيفة تتعلق بالاستعمال أو وظيفة رمزية أو أخرى) ينطبق عليه المفهوم المتعارف عليه اليوم للحفظ. فالحفظ يفترض وعياً بالشكل المادي للقطع التي تهمنا، وبمدلولها المزدوج: من حيث إنها قطع لا يمكن تعويضها مع كونها شديدة الحساسية المادية تحت وطئة الزمن.

الشكل الأكثر حداثة لذلك المفهوم نجده في مبدأ كمال القطعة، فاحترام كمال القطعة هو القبول لشكل من أشكال عدم المساس بها وعدم التعرض للمادة الأصلية المكون منها تلك القطعة، مع مراعاة عند التعامل معها أن يكون ذلك بشكل فيه عدم تمييز إنتقائي لأى جزء من أجزائها أو لأية

خاصية من خواصها، أما ترك القطعة بدون إجراء أي تدخل عليها فإن ذلك قد يحد بشكل نهائي من الإمكانات المستقبلية لفهم تلك القطعة ومعالجتها. مما لا شك فيه أن الضمان لبقاء وكمال قطعة ما -فى نفس الوقت- يُعتبر من التحديات المستحيلة. ولذا فإنه يتحتم في بعض الأحيان ضرورة إستبدال المواد المكونة للقطعة في سبيل الوصول إلى استقرارها، بمعنى إبطاء عمليات التغيير altération بها. وقد يقودنا هذا إلى إجراء معالجات للتدعيم بالتشرب كالتي سنتعرض لها في الأبواب التالية، على الرغم من علمنا المسبق بكون تلك المعالجات ستعوق إمكانية التحليل والتاريخ. وبالأحرى كيف سنضمن أن التدخلات التي نقوم بها والتي ترتكز على الوضع الراهن للمعلومات لدينا، لن تعوق أي بحث مستقبلي قد لا يكون في مقدورنا أن نتصوره فى يومنا هذا.

وهذا بالطبع غير ممكن. والرد على ذلك بسيط للغاية:

ماذا يمكن أن يبقي لنا كي ندرسه غداً من قطعة تكون قد اختفت؟ فالمادة تتقادم بشكل حتمي وتتغير ولا يمكن لنا إلا التقليل من سرعة تلك الظواهر وذلك بالتأثير على الظروف المحيطة بها (وهذا هو الحفظ الوقائي) أو عندما يكون ذلك ضرورياً التأثير على المادة نفسها (تلك هي معالجات التدعيم والإستقرار)، وفي أضيق الحدود التضحية بكمال القطعة، ونعمل على إيجاد حل وسط بين هذا وتلك.

الحفظ (و/أو) الترميم...

أعمال الحفظ مثل: التدعيم، الاستقرارية، التنظيف، إزالة الترميمات السابقة، كل ذلك يُعتبر من الترميم ويدخل ضمن اختصاص المرممين، فالحفظ والترميم عنصران لأسلوب واحد «يكون من الضروري التفرقة بين الحفظ والترميم فأساساً يمكن تعريف الحفظ على أنه عمليه ترنو في المقام الأول إلى المد في عمر القطعة وذلك بإتباع الأساليب الوقائية لمنع تدهورها سواء الطبيعي أو الناتج عن حادثة ما وذلك لفترة زمنية معينة طالت أم قصرت.

أما فيما يخص الترميم فيمكن أن نعتبره عملية جراحية تشتمل على حذف الإضافات اللاحقة بالأخص مع الاستعواض عنها بمواد أفضل، وقد نذهب حتى إلى إعادة تكوين ما نطلق عليه بشكل محدد «الحالة الأصلية» état originel (Coremans, 1969, p. 15 تُرجم بواسطة المؤلف).

لا يتفق أغلب الناس على ذلك التعريف أكثر من إتفاقهم على أي من التعريفات الأخرى وفي الحقيقة فإن المعنى الذي تأخذه هاتان الكلمتان، الحفظ والترميم يتغير بشكل كبير على حسب المؤلفين والبلدان (Berducou, 1980, p. 163).

ففي البلاد الأنجلوساكسونية مصطلح «حفظ» يعني كل الأمور التي تجري على القطعة والبيئة المحيطة بها، ابتداءاً من البحث عن المواد الأصلية التي تتكون منها، وحتى الحفظ الوقائي مروراً بالتدعيم، والاستقرار، إلخ...

كلمة «ترميم» تستعمل بشكل استثنائي، للدلالة على عمليات مرتبطة بشكل وثيق بإبراز ما تبقى من القطعة، وهذا وجه خاص واختياري من المفهوم الشامل لمكنون الحفظ.

فكلمة «قائم بالحفظ» conservator تعني الشخص القائم بكل تلك الأعمال، أما كلمة مُرمم restorator فإنها تستعمل بشكل نادر، خاصةً في مجال اللوحات أو للدلالة على الشخص القائم باللمسات التهذيبية (الرتوش) أو سد النواقص.

أما في فرنسا، فإن كلمتي «حفظ» و«ترميم» تخصصتا للدلالة على الأقسام والأشخاص المسئولين عن المجموعات المتحفية وذلك على العكس من المعنى الذي يعطيه المصطلح باللغة الإنجليزية.

توجد إذاً الكثير من الحالات التي تُصنف في نفس الوقت على أنها إبراز لمضمون القطعة أو إنقاذ لها. فتدعيم قطعة ما مثلاً، وهو أمر لازم لحفظها، لا يمكن إجراؤه بدون الأخذ في الإعتبار تأثير هذا التدعيم على المظهر النهائي للقطعة. وبنفس الشكل فإن عملية جمالية صرفة، مثل تنظيف نواتج التغيير السطحية غير الضارة أو سد بعض المناطق المنقوصة (استكمال، إحلال...)، لا يمكن أن تتم بدون أن نكون واثقين من عدم

ضررها سواء فوراً أوعلى المدى الطويل، أما فيما يتعلق بما تبقى من القطعة: فإن وجوبيات الحفظ تراعى دائما في المقام الأول.

فالحفظ والترميم في الحقيقة وسيلتان للمعالجة، وهما وثيقا التداخل. فالأولى ترتكز على البحث، والتفهم والحفاظ على المدى الطويل للمواد المكونة للقطعة، والثانية تتعلق بإبراز نواحيها المختلفة (Di Matteo, 1986). وعملياً فالطريقتين لا يمكن فصلهما بسهولة عن بعضهما البعض.

ولهذا السبب ظهر حديثاً تعبير «الحفظ والترميم» -conservation restauration وذلك للدلالة على مجموع التدخلات التقنية التي أشرنا إليها.

فذلك التعبير مكننا من الخروج من هذا المأزق وقد إستعمل في النصوص الواردة في المحافل الدولية (ICOM, 1987). ف «الحفظ» وحده و «الترميم» وحده و «الحفظ والترميم»، بالمعنى الحديث لتلك الكلمات يكون له هدف ثلاثي الا وهو بقاء وكمال وسهولة تناول المقتنيات الثقافية. تلك المبادئ ليست مُلزمة التنفيذ ولكنها مجموعة من الإحتياطات يتم نشرها عن طريق الهيئات الدولية مثل:

(American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works: AIC, 1979; United Kingdom Institute for Conservation: U.K.I.C., 1981; Institut International pour la conservation, Groupe canadien: I.I.C.-G.C., 1986; projet de charte française du groupe interassociations professionnelles publié par la Section française de l'Institut International pour la conservation: S.F.I.I.C., 1986).

مبادئ الحفظ والترميم

لا يمكن لنا اعتباركون تدخلات الحفظ والترميم عمل لا مردود له على تاريخ المقتنيات الثقافية ولذا يجب علينا التأكيد على أهمية بعض القواعد الأساسية التي تبرر أهمية إجراء تلك التدخلات، مع الحد من مداها وصياغتها في إطار منهجي عام. والهدف من تلك القواعد هو إبراز الأولويات اللازم إجراؤها لإنقاذ المجموعات المتحفية ككل. فإذا يكون الأمر الملح هنا هو إجراء الحفظ الوقائي وإقرار خطوات صارمة ومنهجية في عمليات «الحفظ والترميم». سنقدم هنا صياغة للمبادئ التي يستوجب على تلك العملية الالتزام بها.

الفحص التشخيصي

من المستحيل التفكير في إجراء تدخل «حفظ وترميم» على قطعة ما بدون معرفة المواد المكونة لها، وتقدير درجة التغيير بها وفهم الأسباب الواردة لحدوث التغيير البادي عليها وتقدير المخاطر التي ستتعرض لها تلك القطعة في غياب تلك المعالجة. فمشروع المعالجة لا يتم القيام به بناء على تحليل لحالة القطعة المادية فقط ولكن أيضاً على مدى خصوصيتها الثقافية، وهذا يتطلب البحث عن المعلومات الثقافية والأثرية والإتنوجرافية إلخ...، التي يمكن أن تنير لنا طريق الفهم. وعلى ذلك فأي تدخل يجب أن يبدأ بفحص تشخيصي للقطعة وبيان مضمونها الثقافي.

تدوين التدخلات

بدءاً من الفحص الأول وحتى نهاية التدخل، يجب علينا التدوين في ملف لما نفعله وما نلاحظه أثناء العمل. يشتمل الملف على المعلومات التقنية المأخوذة وعلى تقدير حالة الحفظ، ويشتمل على رسم وتصوير فوتوغرافي وتقرير عن العينات التي أُخذت أو التحاليل التي قمنا بها. يتضمن هذا الملف بالضرورة على أهداف المعالجة وتبرير الطرق المُتبعة، وذكر

المواد والأساليب المُستخدمة بشكل واضح، وبيان أساليب المعالجة والمراقبة والصيانة التي يُنصح بإتباعها. يجب أن يكون هذا الملف ملاصق للقطعة ويُعهد به للشخص المنوط له المسئولية القانونية لذلك.

التدخل الأدنى

يجب العمل بواسطة طرق ووسائل مُجربة، والتى يمكن لنا تقدير مدى تأثيرها لحظياً وعلى المدى البعيد على المواد الأصلية المكونة للقطعة. وبما أن هذا التأثير نادراً ما يكون منعدماً وكذلك نادراً ما يكون مُتوقعاً بشكل شامل، فإنه يجب تقدير مدى ضرورية أي تدخل وقياس درجته، حتى نصل إلى إجراء أقل تدخل ممكن، مع التبرير لأية إضافة على المواد الأصلية بالأخص والتمسك باحترام تكاملها.

الحفظ الوقائي

إن أي تدخل يجب إجراؤه بشكل يراعي ظروف الحفظ التي ستوضع فيها القطعة لاحقاً بعد المعالجة. فإقامة ظروف مواتية للحفظ الوقائي تمكننا من خفض درجة التدخل المباشر على القطعة وإطالة فاعلية أغلب تلك المعالجات. يُعتبر من الأهداف ذات الأولوية، القيام بتطويع الوسط لظروف القطعة وليس العكس. في حين أنه عندما يكون لزاماً علينا إعادة القطعة إلى مكان به ظروف غير ملائمة، بحيث يكون من المستحيل لنا إقصاؤها عنه، فإن المعالجة يجب أن تُصمم لإتاحة الفرصة للقطعة لكي تقاوم بأفضل شكل ممكن، وعندئذ يكون هذا الإعتبار هو الغالب على أي إعتبار آخر.

إستقراء أثر التدخلات

بعض التدخلات قد تغير ما بقى من القطعة، بحيث لا يمكن الكشف عنها لاحقاً إلا عن طريق المستندات المصاحبة لها وليس عن طريق الفحوصات التي يمكن أن تُجرى على القطعة نفسها. تلك التدخلات يجب تجنبها أو يستوجب علينا القيام بتبريرها إذا كانت ضرورية.

فالتدخلات التي تبحث عن إبراز قيمة القطعة أوسهولة إستقراؤها أو الإفصاح عن قيمتها الجمالية (دمج أو استكمال) لا يجب أن تُقدم لنا مظهراً مغلوطاً يمحو أي أثر للتاريخ المادي للقطعة. ويطرح ذلك مشكلة مدى تواري تلك التعديلات الظاهرة بشكل أو بآخر. بدءاً من الإحلال الأثري الذي يقترح شكل حدودي (كونتور) يحيط بشكل قد ضاع أو شديد التجزؤ حتى نصل إلى الاستعواض غير الواقعي للنواقص، وكل تلك الحلول تكون قابلة للتنفيذ تقنياً: ولكن كل حالة يجب علينا تبريرها على حدة مع توثيق حالة القطعة قبل التدخل والعمل على التفرقة فيما بين الأجزاء التي أعيد عملها على القطعة نفسها، بدون خلط جائز مع الأجزاء الأصلية (إذا لم يكن هذا ممكناً بمجرد النظر، فعلى الأقل بوسائل بسيطة لا تشكل خطراً على القطعة).

رجوعية التدخلات

على قدر الإمكان، يجب على أي تدخل أن يكون رجوعياً وهذا يعنى بالمعنى الحرفي، أن أي شئ عُمل يمكن أن يُرجع فيه بدون الإضرار بالقطعة. وعملياً يمكن القول إن أى شئ جُلب على القطعة أثناء المعالجة يمكن أن يُزال بشكل غير ضار بها وبدون أن يتغير أي شئ فيها بالمقارنة بالحالة التي كانت عليها قبل المعالجة. لا يكون من السهل ضمان هذا الرجوع التام ولكن ذلك يجب أن يكون دائماً على بالنا وإحدى شواغلنا.

تلك الرجوعية التامة هي شرط مطلق ووجوبي عند إجراء أية عملية لا تكون ضرورية لحفظ القطعة ولكن تمليها رغبتنا في إظهار القطعة بمظهر أفضل، وذلك لكون تلك العملية تعتمد على تقديرنا القابل للتطور لمظهر وتاريخ تلك القطعة.

في جميع الحالات الأخرى تكون الرجوعية المرجوة للتدخلات من الأهداف ذات الأولوية، ولكننا قد نتغاضى عنها عندما تكون القطعة مهددة بالزوال:

- فالرجوعية المستديمة للمواد المستخدمة تكون هي المقياس الأساسي للإختيار فيما بين مختلف الوسائل المُتبعة، ولكننا يجب أن ندرك أن ذلك لا يكون كافياً لضمان رجوعية عملية التدخل نفسها (في جميع مظاهرها)؛

- إذا لم نتمكن من الضمان الكامل للرجوعية فيجب علينا على الأقل العمل على الا تعوق أي تدخل لاحق قد يجوز أو يلزم إجراؤه، وذلك حتى لا نجعل الوضع يؤول إلى طريق مسدود؛

- عندما يكون من المستحيل حتى الحصول على ذلك ويكون من الضروري إنقاذ القطعة من التدمير، فإنه في تلك الحالة يجب علينا جمع أقصى قدر من الضمانات فيما يخص استمرارية التدخل المعمول واستقرار المواد المستخدمة فيه: وفي غياب أي حل آخر، فإن الأخذ في الاعتبار لطول أو قصر الفترة الزمنية لمدى فاعلية تلك المعالجة يمكن أن يستعاض به عن استحالة رجوعيتها.

توافق المواد المُدخلة على القطعة

المواد التي توضع ملامسة بشكل مباشر للمواد الأصلية المكونة للقطعة يجب أن تكون متوافقة معها من الناحية الميكانيكية والكيميائية والفيزيائية وفي بعض الأحيان البصرية. وهذا ينطبق على المنتجات والمواد المستخدمة حتى لو وضعت لبرهة قصيرة على القطعة في أية مرحلة من مراحل المعالجة (مذيبات، مطهرات، إلخ...)، ويسري هذا بالطبع على المواد التي تبقى لمدة طويلة مرتبطة بالقطعة (لاصق، مدعم، تكسية سطحية للحماية، دعامة، مكونات لأجزاء مُكملة، إلخ...). في تلك الحالة فإن المواد المُدخلة والمواد الأصلية يجب أن تتقادما معاً وبشكل منسجم، بدون أن تؤثر المواد الأصلية بالسالب على المواد المُدخلة في أي وقت من الأوقات وهذا يفترض إختيار مواد تتلائم مع خواص القطعة المطلوب معالجتها ومعرفة أطوار التقادم بها. بأخذ وجهةالنظر تلك في الإعتبار يكون من الأوهام أن نعتبر أن اختيارنا لمواد مشابهة للمواد الأصلية هو ضمان كاف للتوافق الدائم المتعدد الأوجه. ولإيجاد حل لذلك يكون لا غنى عن تضافر عدد كاف من المتخصصين مستعينين بعلوم شتى.

أنتجه نحو إجراء الحفظ بإتباع الأسلوب العلمي؟

بمطالعة ما ينشر في هذا المجال سيدهشنا إتجاهان جليان يسيطران على الأعمال المنشورة: من ناحية، الاستعمال الواسع للمواد التخليقية مع تعدد التجارب المعملية المصاحبة لذلك، ومن ناحية أخرى العدد المتزايد من التقنيات التي طورت في مجالات الأبحاث الصناعية أو الطبية والتي نجدها وقد طُبقت في مجال الحفظ (التحليل الكهربي، الإستشراد électrophorèse، الديلزة الكهربية électrodialyse، التصوير بالأشعة السينية radiographie X، الموجات المِكروية (الميكروويف) micro-ondes، التجفيف مع التجميد عند ضغط منخفض lyophilisation، الليزر laser، التشعيع بأشعة جاما irradiation gamma، إلخ...).

ولكن هل نقل تلك الأساليب إلى مجال الحفظ والترميم يكون في حد ذاته علامة على التوجه إلى الأسلوب العلمي في الحفظ؟ الأمر يعتمد على الإستراتيجية التي يدخل في إطارها هذا النقل التقني والمنهجي التي يطبقها العلميون لموائمة وتقييم تلك التطبيقات التقنية الحديثة بشكل دقيق. من هذه الرؤية فإن الحفظ يبدو مجال تطبيقي معقد بشكل خاص:

– فمن الصعوبة جعل معالجة ما قياسية، بحيث تصبح قابلة للتطبيق المتكرر، علماً بأن القطع المطلوب معالجتها لا تكون أبداً متشابهة؛

– فاعلية طريقة معينة وفاعلية تأثير منتج ما لا يجب أن يقاسا لحظياً ولكن علي فترة زمنية كبيرة مما يعقد بشدة من اختبار فاعليتهما؛

– غالباً ما يكون فهم المظاهر الأساسية، مثل آليات التغيير لمادة ما (مادة جديدة يجب اختبارها في استعمالات الحفظ أو مواد مكونة للمقتنيات الثقافية) لم يكتمل بعد، والنتائج التي يمكن أن يؤخذ بها تكون متعددة ومتنوعة ويكون من الصعوبة إقامة منظومة نظرية مُرضية. على الرغم من ذلك، فإن كيميائيين وفيزيائيين وعلماء بيولوجيا...، قد تخصصوا منذ عقود في الحفظ في المعامل المتخصصة المختلفة وهي أماكن للأبحاث التطبيقية وإجراء التدخلات المعتمدة على التقنيات المعقدة. وقد أدت أبحاثهم في مرحلة أولية إلى استحداث تقنيات جديدة في حين إستغنى

عن الكثير من الوسائل القديمة. وعلى القائمين بالعمل الآن أن يستوعبوا تلك التغييرات وقد يستوجب عليهم استخدام منتجات ووسائل يمكن أن تنقصها النظرة المتروية. فوقع تلك الأبحاث العلمية يكون شديداً جداً، على الأقل على عقلية وتكوين القائمين بالحفظ والترميم حتى لو لم ينعكس ذلك على الوسائل التي في حوذتهم. فالشفافية التي تتم بها تلك التدخلات ونشر الطرق المستخدمة ومجابهة النتائج المعملية قد أصبحت عملة متداولة في ذلك العالم المهني الذي كان متروكاً منذ فترة للوصفات والأسرار المعملية.

الجزء الثاني:
الحفظ في علم الآثار

المكان الذي تحتله القطعة في علم الآثار

منذ زمن بعيد، لم يعد علم الآثار القديمة (الأركيولوجيا) عملية تصيد للكنوز... وحتى لو كانت تلك الفكرة ما تزال منتشرة، فالآثاريون لم يعدوا يقلبون الأرض بحثاً عن الآثار أو القطع جميلة الشكل، فهم يهتمون الآن بكل الدلائل المادية، وبكل القطع وعلامات الأثر التي تركها الإنسان القديم فوق وتحت الأرض (وكذلك فى مهد الأنهار وفي أعماق البحيرات والبحار قليلة العمق) فالدراسة التصنيفية typologique لمجاميع القطع قد مكنتنا منذ زمن بعيد من تصنيف التجمعات البشرية، وإقامة مقاييس زمنية، وتحديد أية إتصالات تكون قد تمت بين مجموعة وأخرى والمسارات التي إتخذتها.

فمؤخراً، قد تمت دراسة التقنيات القديمة التي إستخدمت مع هذه القطع وذلك على إعتبار أن تلك القطع هي آلات و/أو نواتج لتلك التقنيات، وهذه الدراسات قد تقدمت الآن بشكل كبير. بحيث يتضح لنا بشكل

أفضل غنى تلك الظواهر الإجتماعية التي كانت مرتبطة بتقنيات تعتبر دالة على وجودها (Cleuziou, 1987). وتسمى تلك القطع بالأرتفاكت (القطعة المُصنعة) artéfact وتشمل بقايا المتاع التي نطبق عليها تقنية الحفظ والترميم، كما نطبق ذلك أيضاً على كل البقايا المادية (بقايا الإنسان والحيوان، بقايا نباتية، إلخ...) التي تتطلب منا معاملات خاصة لحفظها.

عدم الثبات والتغيير الطارئ على القطعة الأثرية

الآثار التي سوف نعثر عليها بعد عشرات السنين، أوبعد عدة قرون أو عدة ملايين من السنين من تركها تكون قد كونت مع الوسط الذي وجدت فيه توافقاً ما على حساب تعرضها لتغييرات altérations كبيرة. ونجد تلك القطع غالباً منقوصة ومُشّكلة وقد تغيرت خواصها الميكانيكية والكيميائية، وتلك القطع يصعب إستقراء ماضيها ويصعب كذلك التحكم في مستقبلها.

«مفهوم إتزان القطعة مع وسط الدفن» قد أورده عدة مؤلفين (مثلاً: Plenderleith, 1966, p. 16; Dowman, 1970, p. 4; Rose, 1975, p. 165: Moberg, 1976, p. 82). وذلك المفهوم يدلنا على معرفة لماذا تنجح بعض القطع وليس كلها في الوصول إلينا، ولماذا يختلف ذلك من مكان لآخر، وكيف أنها تصل إلينا وهي على درجات مختلفة من التحول، ولما قد يتعرض بقائها للخطر بسبب التنقيب.

الأخطار التي تتعرض لها القطعة: الضرر الناتج عن التنقيب

كما جاء في الباب الأول من كتاب Elizabeth Dowman المخصص للحفظ الأثري، فإن أي مادة لها وضع مستقر بالنسبة للبيئة المحيطة بها تكون قد تطورت عند وضعها في هذا الوسط المحدد لكي تصل إلى هذا الإستقرار الذي يحكمه بشكل فعال خصائص ذلك الوسط.

هذا التطور هو نتيجة لعمليات تبادل بين المادة والوسط، تؤدي إلى تغيير الطبيعة الفيزيوكيميائية للمادة. فتشترك القطعة إذاً مع باقي مكونات الوسط

في مجموعة معقدة من الأفعال المتبادلة حتى الوصول لإقامة حالة من الإتزان المستقر. فالتغير السريع والشديد لخصائص المحيط الملاصق للقطعة يشكل تعاملاً عنيفاً معها عن طريق:

– استحداث إجهادات ميكانيكية أثناء إجراء التعاملات ناتجة عن حمل القطعة لوزنها الذاتي عند توقف الضغوط والإحتواء الذي كانت تقوم به التربة على القطعة الساكنة، وخصوصاً عند إزاحة التربة والرفع اللذان يؤثران على بعض المقتنيات المتروكة في مكانها بدون حماية أثناء التنقيب، كذلك فإن الحت الناتج عن الرياح والترسبات يؤثر أيضاً عليها؛

– استحداث ظروف فيزيائية: التعرض للضوء، ولدرجات حرارة أعلى تكون قابلة للتغير بشكل سريع وبسعة أكبر من تلك التي كانت موجودة في محيط الدفن؛

– استحداث بيئة كيميائية: خاصة بوسط جوي يتميز بإحتواءه على الأكسوجين وثاني أكسيد الكربون وفي بعض الأحيان غازات متعددة وجسيمات صلبة ناتجة عن التلوث مثل أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وأخيراً نسبة من بخار الماء. وتختلف نسبة بخار الماء من مكان لآخر وينتج عنها رطوبة نسبية غالباً ما تكون غير مستقرة تؤدي بالكثير من المواد إلى ضبط نسبة رطوبتها الداخلية على قياسها للوصول لقيم قد تكون مختلفة عن تلك التي كانت في التربة؛

– إستحداث وسط بيولوجي: الحيوانات والنباتات وبالذات الكائنات الميكروية (المتناهية الصغر) التي لها أثر على تدهور القطعة، تختلف في الوسط الجوي عنها في التربة بأنواعها المختلفة.

وتتفاعل المادة مع تلك العوامل مجتمعة، حتى تصل إلى حالة من حالات الإتزان مع ذلك الوسط الجديد.

التغيير الذي تتعرض له المواد المدفونة:
طبيعة الإتزان تربة/قطعة

كيف تتغير المادة المدفونة؟ لماذا تنجح مادة ما في الوصول إلينا دون غيرها بعد إنقضاء زمن دفن معين؟ وتعليل ذلك هو إما أن:

- التغييرات altérations الناتجة عن تلك التفاعلات لم تؤثر على مقدرتنا في التعرف على القطعة نتيجة لضعف التغييرات أو أن التغييرات لم تؤثر على شكل القطعة؛
- أو أن القطعة وصلت إلينا قبل إنتهاء هذه التغييرات، وذلك لاكتشافنا إياها مبكراً، أو أن تطور تلك التغييرات كان بطيئاً بالنسبة لمقاييس الزمن من الناحية الجيولوجية.

ولا يوجد تناقض بين هذين التعليلين، فالأول يتوافق مع مفهوم الإتزان بين التربة والقطعة الذي يتأثر بالكشف الأثري، والثاني يُعبر عن توقف عمليات التطور المستمرة فيما يخص القطعة والتربة والتي تعتبر سرعتها من الخواص الأساسية فيما يخص الحفظ.

تدخلات الحفظ والترميم في علم الآثار

تحضير حقل الحفريات

للعمل في حقل الحفريات بشكل متوافق، فإنه يلزم حد أدنى من التحضير. فما هي الإحتياجات المرتبطة بالحفظ؟ والتي كلما حضرنا لها بدقة كلما أمكننا تقليل المخاطر المتعرضة لها القطع حتى تصل إلى المكان النهائي المخصص لها.

وبخصوص المعلومات المطلوب جمعها عن التنقيب ذاته والوسط الذي يتم فيه، يجب علينا طرح التساؤلات الآتية:

- ما هو نوع الموقع؟ من أي حقبة تاريخية؟ ما هي الاكتشافات التي تنتظر الآثاري؟ هل المادة المكتشفة ستكون وفيرة ومتعددة؟ إلخ...؛
- ما هو المضمون contexte المميز للتنقيب؟ مدة حملة التنقيب؟ الأماكن المتوفرة (المؤقتة أو الدائمة). التغذية بالمياه والكهرباء، المكان النهائي

المخصص للقطع وظروف دراستها الأثرية، المصادر المحلية للمعدات والمنتجات، تكوين الفريق الأثري، الإمكانيات المتاحة في حقل الحفريات أو فيما بعد الحفريات للجوء إلى المعامل والأشخاص المتخصصين لعمل قوالب الصب وأخذ العينات مثلاً أو لدراسة مادة معينة؛

– خصوصيات المشروع الأثري التي تنعكس على مشاكل الحفظ: هل سنقوم بالتحليل بشكل نسقي فى المعمل لهذا النوع أو ذاك من المواد؟

– أي نوع من طرق التأريخ سوف نقوم بإجراؤه؟ هل سنقوم بتنسيق موقع الحفريات مستقبلياً أو سنحوله إلى موقع متحفي؟ هل سيزور الجمهور موقع الحفريات أم لا؟

– وأخيراً أي نوع من المناخ أو أي نوع من وسط الدفن سنقابله.

مجموع تلك العناصر سيسمح بتصور ما سيكون عليه العمل بالحفظ بشكل فني في موقع الحفريات وفي أي إطار سيتم اعتبار ذلك العمل. ويمكن لنا حينئذ تحضير المعدات والمواد اللازمة وعمل تقدير أولي للميزانية. وأخيراً، فالأمر يتعلق باحتواء عملية إشتغالنا بالحفظ بدون التصادم مع المشروع الأثري نفسه وذلك عن طريق إدارة أفضل للقيود العملية التى يفرضها هذا العمل والتي قد تثقل عملية التنقيب نفسها.

تهيئة القطع

يعتبر تهيئة القطع المنقب عنها من أجل تجنب تفاعلها الطبيعي مع تغيرات الوسط، من أساسيات الحفظ في حقل الحفريات ويعني هذا عملياً السهر على إجراء عمليات التداول والتغليف والترتيب وتهيئة مكان التخزين والنقل في ظروف تستطيع القطعة تحملها دون حدوث خسائر بها.

التنظيم الواجب إتباعه يجب أن يكون وثيق الصلة بنظام تسجيل للبيانات الأثرية يمكن إرساؤه في حقل الحفريات: فمن المنظور الأثري يكون حفظ المراجع في مثل أهمية حفظ القطع. وبما أن حفظ القطع يفترض تخزينها وتصنيفها على حسب المادة المصنوعة منها وليس على حسب مدلولها: فإن ذلك يجب أن يُراعى أيضا عند تسجيل البيانات.

الكشف عن الآثار والرفع

قد نلاقي أثناء التنقيب بعض الآثار الهشة بدرجة كبيرة، بحيث لا يمكن رفعها بالوسائل التقليدية. وفي تلك الحالة نلجأ إلى التدعيم في نفس المكان أو نقل الأثر في المدرة (قطعة أرض متماسكة تحتوي على الأثر). وقد نوجه طرق الرفع والتسجيل على حسب مقتضيات أعمال الحفظ المحتملة.

صب القوالب moulage

بالنسبة لعلامات أدوات الحفر على الجدران أو علامات لآثار على الأرضية أو بالنسبة لمجموعة مكونة من سلسلة شواهد سيتم رفعها الواحدة تلو الأخرى: فإن التنقيب في كل تلك الحالات يمكن أن يكشف عن علامات أو أوجه لا يمكن رفعها، وعند ذلك وفي بعض الحالات يمكن صب قوالب لها. تلك القوالب هي وسيلة للتسجيل أكثر منها وسيلة للحفظ بمعنى الكلمة. فالصب تقنية تهدف لإنتاج بديل قابل للدراسة والتوثيق عوضا عن الأثر المعرض للزوال، تماماً مثل الرسومات والرفع للمقاسات والصور الفوتوغرافية التي تتم في حقل الحفريات. فصب قالب لا يُعتبر حفظاً للقطعة ولكنه تصنيع لمستند خاص لعملية التنقيب. غير أن الطرق المتبعة لعمل القالب لا تكون منفصلة عن عمليات الحفظ. يستوجب أولاً على تلك الطرق الا تغير من الأثر نفسه، وقد نستعملها في الحفاظ على الأثر الهش الذي قد يصيبه الضرر عند التعامل معه، حين يلزم على الآثاري التعامل مع نسخة من الأثر من أجل دراسته أو تدريسه أو عرضه (Chavigner, 1987).

التعرف على الأثر وتنظيفه

التعرف على «ما نعثر عليه» هو بالطبع سابق لأي دراسة أثرية أو أي تدخل لإجراء الحفظ. ويمكن لنا أن نتصور درجات مختلفة من الملاحظة والبحث: من أي مادة؟ مُصنع أم لا؟ محلي أم منقول؟ أي شكل؟، أية قطعة؟ هل به آثار حت أو زخرفة أو كتابة؟ التعرف على المادة وهو ما لا

يكون دائماً بالسهولة التي نتصورها، يسمح بتوجيه عمليات التنظيف التي تكون لا غنى عنها للتعرف على خصائص القطعة.

فالتنظيف هو إزالة جزء أو كل نواتج التغيير التي تختفي القطعة خلفها وتتسبب في ضرر لها، ولكن التنظيف يكون أيضاً عملية خطرة قد تضيع خلالها معلومات خاصة بالقطعة مثل تاريخها قبل الترك والظروف التي تم فيها ذلك الترك، وظروف الدفن: ويجب أخذ قرار فيما يخص التنظيف يراعي كل ذلك.

تدعيم وتركيب، استقرار، حماية للسطح

نعني بالتدعيم عادةً، التدخلات التي تُعطي المادة تماسكاً كافياً لكي تتحمل الإجهادات الميكانيكية التي لا يمكن منعها عنها مثل: تحمل وزنها الذاتي بدون انهيار أو تفتت أو تشكل وكذلك تحمل التعامل معها والتعرض للتنظيف، إلخ...، يوجد العديد من تقنيات التدعيم بدءاً من التثبيت الظاهري إلى تركيب أجزاء لتقوية المناطق الضعيفة من القطعة أو من تجميعة القطع، مروراً بعمليات التبطين والتشرب في العمق. بعض تلك التقنيات تكون تامة الرجوعية بحيث تسمح بالتدعيم المؤقت المفيد في حقل الحفريات للتمكين من إجراء دراسة أولية أو بغرض النقل بدون تعرض القطعة للمخاطر.

يكون من الشائع إجراء عدد معين من التركيبات في حقل الحفريات بالتوازي مع التنقيب. فالتركيب أو إعادة التركيب هو تجميع ووضع الكسور القابلة للتلاقي من نفس المجموعة في مكانها، وبالتالي إعادة بناء الاستمرارية لكل ما هو متعلق ببعضه البعض.

تعتمد تدخلات الإستقرار على وقف التطورات الكيميائية التي تتم على القطعة عن طريق وسيلة تؤثر على المادة المصنوعة منها، ومصطلح الإستقرار يرتبط أساساً بمعالجة المعادن الأثرية ولكن يمكنه أن يشمل أي تغيير قابل للتطور يكون ذا صبغة كيميائية أو بيوكيميائية.

بعد إتمام التنظيف يمكن أن نلجأ إلى إجراء حماية للسطح، وهي عبارة عن عمل حاجز يقاوم بشكل شبه انتقائي عمليات التبادل مع الوسط.

الترميم

يرتبط الترميم بالمظهر النهائي للقطعة بعد المعالجة وذلك من الناحية الجمالية ومن ناحية سهولة الاستقراء. وكل التدخلات التي سبق ذكرها تؤثر على ذلك المظهر النهائي: فإذا اعتبرنا أن الترميم هو هدف في حد ذاته للمعالجة فإن كل مراحل العمل يجب أن تأخذ هذا في الإعتبار، وبعض القرارات وبالذات تلك الخاصة بقطعة بها نواقص كبيرة أو الخاصة بإحلال أجزاء ناقصة، أو اختيار المظهر النهائي للسطح، تندرج بشكل واضح تحت بند الترميم وحده. فيفترض الترميم تقدير موضعي لما يمكن أن يُرى أو يُفهم من القطعة ومحاولة إبراز ذلك وجعله في المتناول. غير أن ذلك التقدير يمكن أن يختلف باختلاف الجمهور المعروض عليه تلك القطعة والأغراض المعروض من أجلها.

أسلوب ما لخاتمة تعبر عن رأينا الشخصي

في بعض البلدان يكون للحفظ الأثري تاريخ أكثر مما له في بلدان أخرى (Corfield, 1988). ذلك التاريخ لا يختلط مع تاريخ علم دراسة المواد الأثرية حتى ولو كان مرتبطاً به. فأول طريقة لمعالجة الخشب المتشرب بالمياه ظهرت في الدنمارك في أواسط القرن التاسع عشر. ومن نفس البلد قام Rosenberg في عام ١٨٩٠ بدراسات على التحكم في البيئة وحفظ المواد العضوية وخاصةً حفظ المعادن وكان لتلك الدراسات مردود على القرارات المتخذة في هذا الشأن.

في برلين في عام ١٨٨٨ وفي لندن في أوئل القرن العشرين، إستعان الآثاريون بالكيميائيين لعمل الدراسة والتصدي لأسباب تغيير القطع التي عثر عليها في مصر. أول الأعمال الشاملة التي تناولت حفظ الآثار ظهرت قبل الحرب العالمية الثانية (Lucas, 1924; Plenderleith, 1934). تحت رئاسة آثاري عظيم Sir Mortimer Wheeler قام معهد الآثار بلندن بإدخال دروس تعليمية خاصة بالحفظ، كانت في أول الأمر مخصصة لطلبة علم الآثار،

ثم وجهت للطلبة الذين سيتخصصون في الحفظ الأثري (Gedye, 1987; Hodges, 1987a).

واليوم أصبح إدخال الحفظ والترميم في المشاريع الأثرية من أول التنقيب وحتى النشر، عادة سائدة في كثير من البلدان: كالسويد وكندا وإنجلترا على سبيل المثال.

العطاء الذي يمنحه الحفظ الأثري لزيادة المعرفة التقنية بآثار الماضي هو من الأمور غير القابلة للمناقشة. ونوجه اليوم اهتمامنا إلى بعض المواد التي نستطيع اليوم حفظها (جلود مصنعة أو جلد حيوانات مثلاً)، والتي لم نكن نجدها إلا فى المُكتشفات التى كان يُعثر عليها على حالة جيدة من الحفظ.

الحفظ والترميم يلازمان بشكل لا غنى عنه الآثاري في جميع الحالات.

فقبل الإبحار فى قراءة الأبواب التالية، والتى ستكون أساسا ذات محتوى تقنى، أود أن أسوق تلك التذكرة. قد نصادف بعض اللمحات الشعرية حتى فى أكثر المصادر التاريخية المكتوبة جدبا وعبوسا...

وأود أن نُترك على سجيتنا، لكى نسترجع قليلاً هذا «المحتوى الطريف» للأشياء التى سبق لنا ذكرها.

وفي النهاية، فالحفظ الأثرى هو فى خدمة علم الآثار، أي فى خدمة كل من ينتفع بعلم الآثار.

الباب الثاني

القيام بالعمل في المجال الحقلي: المتاع الأثري

فرانسواز شافينييه

مسيرة محفوفة بالمخاطر

يمر مسار القطع في حقل الحفريات بسلسلة من المراحل الوجوبية وهي: الكشف عن الآثار، التسجيل، الرفع، الغسل، الغربلة، وضع العلامات، التهيئة، النقل.

إذا اعتبرنا أن الهدف الأمثل للأبحاث هو بالفعل أن تكون لدينا مادة يمكن إعادة وضعها بالضبط في نفس الظروف التي كانت موجودة عليها قبل الكشف عنها، وهذا هو ما يرنو إليه أي تسجيل أبعادى (مسح) أو رفع بالتصوير الفوتوغرافي أو رسومات تخطيطية، إلخ... فلما لا نحاول أيضاً الحصول على مادة لم يتم إجراء أية معاملة لها بحيث تظل هكذا محافظة على شكل من أشكال «نضارة» الكشف الجديد؟

ما قبل التنقيب

من الشائع ألا تخضع منطقة أو مقطع أو جزء من موقع لعملية تنقيب متصل (بسبب التوقف بين حملتين للتنقيب، أو بسبب القيام بعمل حفظ للآثار). المناطق التي يتم تعريتها تكون معرضة للصقيع أو للجفاف الشديد،

وفي بعض الأحيان للظاهرتين معاً، على حسب المناخ والفصل من السنة. وينتج إذاً عن ذلك دورات من البلل (مطر) أو التشظي للبنية (صقيع) أو التبخر أو التشكل أو التراجع. عند التراجع تبذل التربة إجهادات شديدة ويظهر ذلك بشكل خاص في التربة الطينية. جلب مخلفات الحفائر (الرديم) ووضعها على تلك الأسطح يكون بمثابة حماية حرارية ومرطابية فعالة. في أثناء الحفريات، يجب سقاية الطبقات بشكل دائم حتى لا تصبح الرسوبيات شديدة الصلابة. سنقوم بتلك السقاية في وقت مبكر وبشكل مستمر على قدر الإمكان، حتى لا يكون هناك أية مراحل جافة.

الكشف

تكون طبيعة الأدوات المستخدمة وإيقاع العمل للكشف عن الآثار (إزاحة التربة عنها) dégagement معبراً عن الاختيارات التي سنتخذها في الأمور التنظيمية وكذلك في التقنيات المستخدمة في التنقيب. فالكشف البطئ لمجاميع مترامية أو معقدة يُعرض القطع التي تم الكشف عنها لفترات إنتظار ممتدة في حقل الحفريات، أحياناً في ظل ظروف مناخية قد تكون سيئة التأثير لأن أغلب الآثار تكون حساسة للجفاف بشكل عام، يضاف إلى ذلك الفترات الزمنية اللازمة للتسجيل: التغطية الفوتوغرافية، اختيار طرق ومصادر الإمداد من أجل إجراء: الإزاحة، التغليف، النقل، إلخ...

الدراسة المرجعية التي يتم تجميعها خلال تلك الفترة، وبالأخص الصور الفوتوغرافية والصور المكبرة للتفاصيل، والمصحوبة بالملاحظات الأولى تمثل مجموعة من المستندات النافعة جداً في أثناء معالجات الحفظ.

يجب تجنب تعريض القطع لتسخين موضعي (عن طريق مصابيح الإضاءة)، أو لتيارات الهواء أو لظاهرة الصوبة وذلك بإجراء تجهيز للبنية التحتية لحقل الحفريات أو إجراء حماية للقطع. يمكن كبح التبخير لفترة ما عن طريق تغطية القطع بغشاء (فيلم) من البولي إيثيلين، يتم وضع هذا الغشاء ملامساً للأثر، ومثبتاً في الأرضية بالاستعانة ببعض الرديم

المتراكم. يمكن وضع طبقة ثانية من رقائق الألومنيوم مع ترك فراغ من بضعة سنتيمترات بين الغشائين بغرض كبح التبادلات الحرارية. هذا إلى جانب أن تلك الحماية تلفت نظرنا إلى الإسراع بالقيام بعمليات الرفع.

الرفع

أغلب القطع الأثرية يتم ببساطة إلتقاطها. سنستعرض فيما بعد بعض التقنيات التي يمكن إجراؤها لرفع (إقتطاع) prélèvement القطع المعقدة أو الهشة (القابلة للكسر). المُنقِب الذي يقوم برفع مجاميع من القطع من تلك التي لا يمثل رفعها مشاكل كبيرة يكون في حوزته غالباً أكياس منفصلة، واحد لكل قطعة، وكذلك عبوات (دلاء وعلب). ويكون من السهل الحصول على علب من البوليستيرين المتمدد أوالبولي إيثيلين مزودة بغطاء خاص بها، حتى نتجنب مرة أخرى تعريض القطع لأشعة الشمس المباشرة وبالتالي للتبخير السريع.

سنستخدم حبر غير قابل للمحو وبطاقات لاصقة (تيكث) من البولي إيثيلين غير المنسوج وغير القابل للتعفن والقطع (Tyvek). رموز التعريف références المكتوبة على البطاقات اللاصقة ستتبع القطعة في كل المراحل، بدون أن يكون من اللازم إعادة كتابتها حتى أنه يمكن بقاؤها بعد ذلك داخل حمام المعالجة.

الغربلة

تكون الغربلة tamisage إما عرضية أو وجوبية حسب حقل الحفريات وتتم تحت الماء أو على الناشف. من وجهة النظر الخاصة بالحفظ فإنه يبدو أن الغربلة في وجود الماء تكون أسرع وتؤدي إلى إحتكاكات أقل من الغربلة على الناشف.

يُنصح بعمل الغربلة بالقرب من القطعة الأثرية المتجزئة، فبدون العناصر الناتجة عن الغربلة تكون إعادة التركيب في بعض الأحيان أطول كثيراً، ولا يتم فرز تلك العناصر إلا عند التركيب النهائي.

الغسل

لا يتم إجراء الغسل lavage بدون إحداث تأثير ما. ليس هناك فرق بين الغسل وما نطلق عليه المعالجة: فنحن نستخدم مذيب كالماء، ووسائل ميكانيكية كفرشاة الدعك (الفرجون) أو فرشاة الدهان. ويؤول الأمر إلى معالجة غير رجوعية.

ومن المناسب التفرقة بين الغسل النهائي الذي يسبق التخزين، أو الدراسة أو العرض للقطع التي لا تتطلب إجراء معالجة لها، وبين الشطف البسيط الذي يسمح بالقيام بالتصنيف لغرض النقل والتخزين بعد استبعاد التربة الزائدة.

يجب علينا أن نأخذ فى الحسبان وجود بقايا من جميع الأصناف قادرة على الإلتصاق على سطح القطع (ألياف، ونفايات عضوية وسِناج (سواد الدخان) وأصباغ). يجب عند الغسل تجنب غمر القطع.

يجب التزود عند القيام بالغسل، بفرش دعك وفرش دهان مختلفة الصلابة. صلابة فرشاة الأسنان تكون بالطبع أقل من صلابة مينا الأسنان عند كون تلك الأسنان في الحالة النضرة ولكنها تكون أعلى صلابة من أغلب المواد التي نجدها في الحفريات، ومن ضمنها بعض القطع من الزجاج والخزف.

التجفيف

يتم التجفيف séchage في ذات المكان بالنسبة للقطع غير الهشة. في بعض الأحوال، يكون بقاء بعض القطع على الحالة الرطبة لا غنى عنه لحفظها لحين عمل المعالجة ولكن إدارة المجموعات الرطبة تكون معقدة على الفترات الطويلة وتستلزم صيانة دورية: وتكون تلك المجموعات معرضة للاصابة بالعفن، ولا يمكن إجراء لصق أو تعليم بها.

يجب أن يكون التجفيف بطيئاً، بدون استعمال دفاية، وأن يكون محمياً من الشمس، وفي حجرة في الظل. لا يجب تجفيف أي قطعة في فترة زمنية أقل من ثلاثة أيام أو إذا كان ذلك في الإمكان في فترة أطول من

ذلك. يجب أن تكون درجة التجفيف متوازنة مع وسط التخزين: فيكون من غير اللازم دفعه لمدى بعيد.

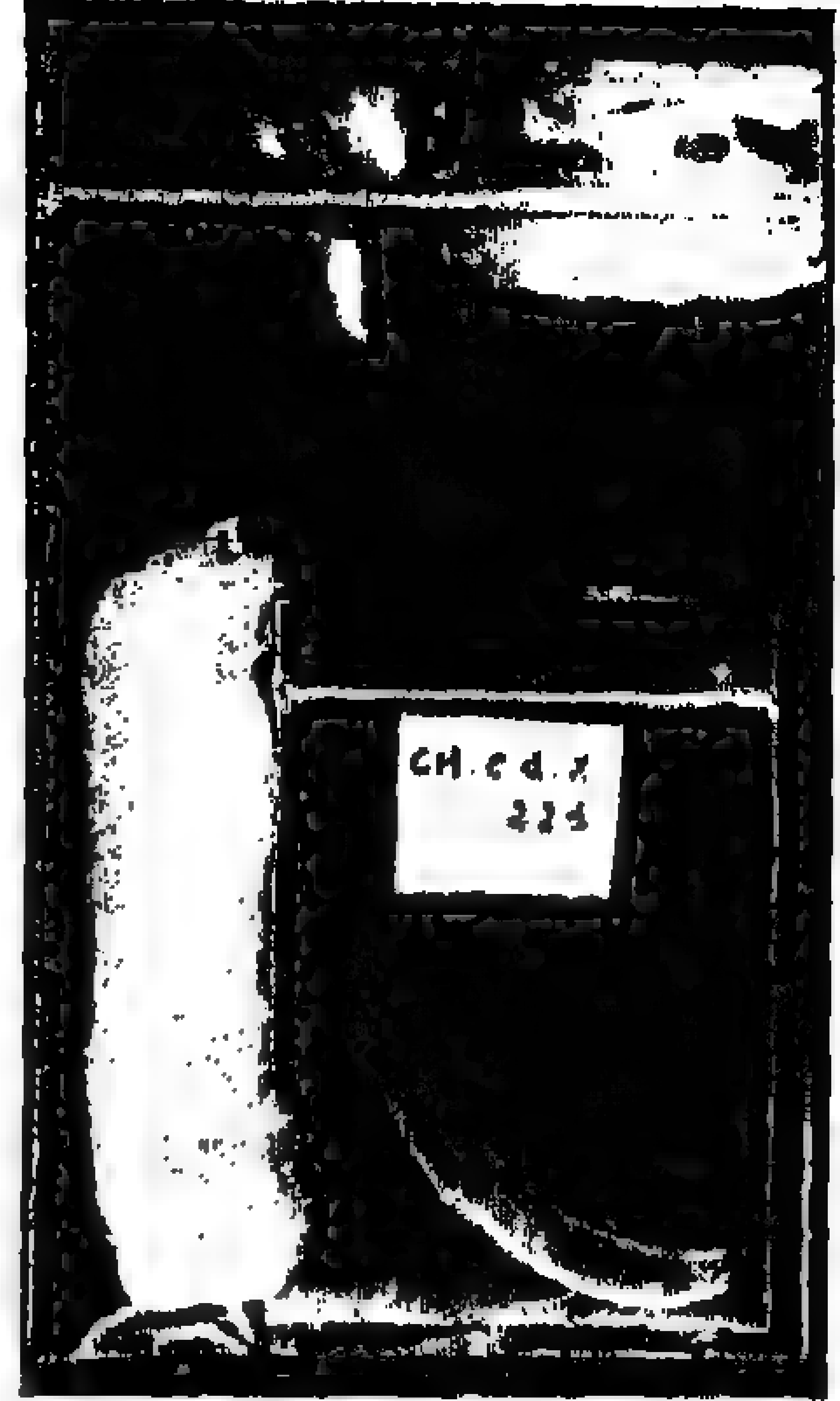
إبان التجفيف البطئ، تتعرض بعض المواد لتراجع خفيف. وقد تنفصل أجزاء من الرواسب الجيرية الدقيقة من تلقاء نفسها.

التعليم

مشكلة التعليم (وضع العلامات) marquage هي أهم مما قد يبدو لنا. ففي الواقع إذا قمنا بإجراء تجفيف بشكل مكثف وسريع فذلك لأنه لا يمكن لنا القيام بالتعليم إلا على القطع الجافة، بالإضافة إلى اعتبارات أخرى تكون متعلقة بشَغل المكان. يجب أن يكون التعليم غير ظاهر، ويتم على مناطق يكون قد تم عزلها مسبقاً بطلاء لامع (ڤرنيه) مما يجنبها لتشرب الحبر في المادة المسامية بها.

التجهيز والتخزين في حقل الحفريات

بغض النظر عن المساحة المتاحة في حقل الحفريات، فإنه من المفيد الترتيب لعمل منطقة خاصة للتغليف، تُجمع فيها العبوات من جميع المقاسات. وكلها يجب أن تُورد من مواد غير متفاعلة وغير قابلة للتعفن ونظيفة، ويكون لها ميزة إمكانية إعادة استخدامها. فالعبوات المُحكمة الغلق والتي تحفظ فيها القطع في حالة رطبة (صورتان ١ و٢) يتم عملها بواسطة كيسين من البولي إيثلين موضوعان كل منهما داخل الآخر وملحومان.



صورة ١. عبوة مؤقتة لبد سكين من العظم مطلوب حفظها في حالة رطبة. يتم تشبع القطن بالماء ويغلق كيس البولي إيثلين بواسطة «كلبسات» (صورة لـ F. Chavigner).



صورة ٢. عبوة رطبة من غلاف مزدوج (كيس من البولي إيثلين الملحوم بالحرارة). (صورة لـ Sylvia de La Baume).

العبوات المُحكمة الغلق الجافة هي التي تم طرد الماء منها déshydraté بفعل مادة ماصة لرطوبة الوسط الجوي، المادة الماصة tampon تكون مثلاً جل السيلكا الذي سيتم وصفه بشكل مطول في الباب العاشر والذي نستغل قدراته على إمتصاص الماء في حقل الحفريات. يكون من الضار بشكل كبير استخدام عبوات محكمة بدون هدف محدد. فالمواد البلاستيكية تحتفظ برطوبة مرتفعة لعدة أشهر. يمكن للقطع المعدنية أن تصدأ أو تتعفن في أكياس البولي إيثلين التي لا تحتوي على مادة مُجففة dessicateur.

أفضل العبوات الخاصة بالقطع صغيرة المقاس هي العلب البلاستيكية الشفافة التي تغنينا عن فتحها لبيان ما بداخلها.

يمكن لنا أن نأخذ في حسباننا عمل تخزين موجه بغرض التجفيف البطئ المتحكم فيه للقطع، ويكون هذا في صورة تغليف محكم نقوم فيه باعداد بعض الثقوب الدقيقة جداً (من ٣ إلى ٤) لكي يتم عن طريقها التبخير بشكل بطئ.

النقل

يتم وضع ركائز لكل علبة بشكل مستقل، وكذلك لمحتويات كل منها حتى نتجنب الإرتجاجات والصدمات والإهتزازات. يكون من المفيد التنويه بشكل ظاهر على العلب عن طبيعة محتوياتها ومدى قابليتها للكسر.

الإحتياطات اللازمة بغرض القيام بالحفظ

التنظيم

يتم التنظيم (الادارة) organisation لحقول الحفريات بدلالة: طول الفترة الزمنية للعمل فيها ودورات التنقيب، الموارد المالية، المساحة المطلوب التنقيب فيها، عدد المنقبين ومهارتهم، طبيعة الموقع، مكانها في التسلسل الزمني، مدى الإشكالية فيها، البنية سابقة التواجد (المحلية)، الأحجام المُنتظرة للشواهد الأثرية، سهولة الوصول للموقع (وسائل المواصلات، والطرق، إلخ...). كل تلك القيود تكون متوافقة مع تنظيم الحفظ في حقل الحفائر. مواقع العمل يجب ان تُنظم من حيث أماكن تواجدها بحيث تُختصر التعاملات والتنقلات. يكون من المفيد دراسة الإمكانيات المتاحة وإقامة إتصال أولي مع المراكز العامة أو الخاصة التي توافق على القيام بالتصوير بالأشعة السينية (أشعة إكس) الوارد الاحتياج لها وكذلك مع المعامل والمتخصصين المحليين في الحفظ.

التحقق

التحقق Identification من القطع هي مرحلة مهمة من أجل الحفاظ عليها. في الواقع، تكون هناك تغييرات في حالة الحفظ لنفس المادة حسب ظروف مكان الكشف عنها – يوجد اختلاف كبير جداً بين قطعة عظم تم حفظها جيداً ونفس قطعة العظم وقد زال عنها التمعدن تماماً – ومن البديهى أن الحالة الفيزيائية التي نلاحظها على أية قطعة في موقع ما هي التي تعطينا البيانات النافعة بحق. يتم ملاحظة تلك الحالة بالعين المجردة أوبالمجهر ثنائي العينية binoculaire.

إن تفحص المادة يمنحنا استدلالات أساسية عنها من حيث: الصلابة، الحساسية للحز، الهشاشة (قابلية للكسر)، المسامية، وجود الشقوق، انفصال السطح، التقشر، إلخ...

إن فائدة التحقق تكمن في إمكانية التنبؤ بسلوك القطعة. في حالة التردد (عظم أو عاج)، فإنه يجب التصرف على أساس أن الأمر يتعلق بالمادة الأكثر هشاشة.

التحاليل

إن تفهم المصادر الأثرية يعتمد على دراسة مجموعة البيانات المسجلة التي تم أخذها في حقل الحفريات (تصوير فوتوغرافي، مخطوطات هندسية، رسومات، مقاطع، إلخ...)، وعلى القطع المكتشفة. فعلاوة على القيام بالتحاليل التصنيفية analyses typologiques الشاملة لتلك البيانات، فإننا يمكن أن نقوم بالبحث والتقصي عن خصائص معينة كالحجم وحالة السطح (ترسيب، تآكل) ومواد التكوين:

– الأبعاد، والشكل العام، بما فيها تلك الخاصة بالكسور. فبناء وكثافة العظام مثلاً، يتم تفحصهما باستخدام الأنثروبولوچي (علم طبائع البشر) والبالونتولوچي (علم الحفائر القديمة) في الدراسات الباثولوجية (علم الأمراض)، والتافونومية (علم الجّبانات)؛

- دراسة التآكل على المعادن تساعد على التعرف على الأحداث التي مرت قبل أو بعد الدفن: تقوس، ترك بسبب التآكل أو تخزين للقطعة السليمة، إلخ... يحمل التآكل فى بعض الأحيان علامات آثار؛

- الترسيب (ترسيب عضوي على العظم والخزف) لعلامات آثار (مغرة (تراب صلصالي-أوكر) ocre، خضاب...) وكذلك الفضلات النباتية الكبيرة مثل: الحبوب، الفواكه، المواد الرابطة، الخشب، الفحم الخشبي، وكلها يتم التعرف عليها وتأريخها، كما يمكن لنا أن نُجري عليها التحاليل الكيميائية والكيميائية المِكروية micro-chimiques مثلها في ذلك مثل المواد المكونة للقطعة.

كل تلك المعلومات نظراً لطبيعتها الهشة والزائلة لأقصى حد، تكون معرضة للضياع بشكل لا يمكن استرجاعه من بداية الكشف عن القطعة.

يمكن أخذ عينات بهدف إمكانية القيام بالتاريخ والتحاليل الفيزيائية والكيميائية والكيميائية المِكروية. في تلك الحالات ، فإننا نُجنب تلك العينات أية ملامسة مع مواد أخرى، أو إعمال الغسل أو الفرشاة عليها، إلخ...

غير أن التصرف السليم يبقي الإتصال المباشر بالمعمل الذي سيقوم بعمل الدراسة أو التحاليل حتى يحدد لنا الكميات والنوعيات اللازمة، وأيضاً الطريقة التي يجب إتباعها لأخذ وحفظ العينات.

التدعيم

يجب أن ندرك أن التدعيم consolidation في الحقل الأثري نادراً ما يكون فعالاً وإنه من الصعب تنفيذه.

تدعيم القطع الجافة

الخاصية التي ننتظرها من أي تدعيم هي إكساب القطعة بشكل مجمل لنفس المقاومة حتى لا يكون هناك عدم تجانس بين المناطق المدعمة وغير المدعمة ويصير ذلك مصدراً من مصادر التشقق. يكون الحقن في حقل الحفريات حساساً جداً، ويُستعمل محلولا من البارالويد B72 بتركيز ٥٪ في الأسيتون.

عن طريق محقنة (سرنجة) زجاجية، نحقن الراتنج في الطبقات الأكثر عمقاً والتي تكون في متناولنا. نجدد الحقن كلما اقتربنا من السطح حتى التشبع. نتتبع تقدم الراتنج المنساب في داخل القطعة بملاحظة فرق الألوان فى المناطق المتشربة. نجدد العملية بحيث تتلاقى تلك المناطق وتصبح ذات لون متجانس، ثم نعمل على الحصول على تشبع جديد. نقوم بعزل القطعة المتشربة عن طريق رقائق من الألومنيوم (مع تجنب أي تلامس مع القطعة) حتى نحصل على جفاف تدريجي بدون هجرة زائدة عن الحد للراتنج للوصول إلى السطح. بعد فترة زمنية متغيرة ، تبعاً لدرجة الحرارة والرطوبة، نقوم بسحب رقيقة الألومنيوم وننتظر الجفاف التام الذي هو شرط لازم للتدعيم. يمكن أن نقوم بالدهان بالفرشاة أو بالحقن بالسرنجة أو بالرش.

تدعيم القطع الرطبة

المحاليل والأوساط المشتتة المائية dispersions acqueuses من الراتنجات الأكريليكية والفينيلية يوصى بها بشكل شائع لتدعيم القطع الرطبة جداً. تتطلب تلك الطريقة فترات زمنية طويلة للتجفيف ويكون من الصعب تقدير الوقت الذى تصبح بعده فعالة. ومن ناحية أخرى لا يكون سهلاً تقدير كمية الراتنج التي تم إمتصاصها بشكل فعلي.

غير أننا نحصل على نتائج مثيرة للإهتمام مع الراتنجات الأكريليكية في حالة التشتت الغروى dispersion colloïdale مثل البريمال Primal WS24. يكون مقاس الحبيبات المشتتة في حدود ٠٫٠٣ ميكرومتر، مما يسمح بتشرب المسام الميكروية. ولكن فائدتها العظمى تكمن في قابليتها على تثبيت الأسطح الرقيقة (الهشة) وهي لا تحدث تغير في اللون، وتستعمل مذابة فى: من ١٥ إلى ٢٠ مرة حجمها من الماء.

قيود الاستخدام

التدعيم بإلحاق الراتنجات التخليقية يجب أن يستخدم مع كثير من الحرص:

– بعد تشربها تكون القطعة غير صالحة لإجراء أي نوع من التأريخ عليها (باستخدام الكربون C14 مثلاً). فلذا إذا عزمنا على تدعيم أي نوع من المواد بشكل نمطي، فيجب علينا أخذ عينة مُسبقة منه؛

– يكون من المفيد فقط تدعيم المجاميع السليمة التي قد تكون في حالة هشة، أو عناصر مجموعة كُشف عنها بشكل متفرد بحيث لا يستوجب الأمر إجراء لصق؛

– نقوم بتدعيم القطع التي تم تنظيف أكبر مساحة ممكنة منها من التربة العالقة بها. يجب علينا تجنب تدعيم الأرضية الملاصقة لشاهد أثري ما إذا كانت تلك الأرضية لا تشكل الدعامة الوحيدة الممكنة لذلك الشاهد الأثري؛

– التشرب الذي يتم في حقل الحفريات يطلق عليه «مؤقت»، سنستعمل إذاً لهذا الغرض مواد رجوعية réversibles. ورغماً عن ذلك فإن تلك المواد لا يجب أن تُستعمل من هذا المنظور ولكن من مفهوم أن المعالجة يستوجب أن تكون وجهتها البقاء المستديم، بغض النظر عن التاريخ المنتظر للمستند. في الواقع، فإننا لا نستطيع أن نطلق لفظ «مؤقت» إلا في حدود أسبوع أو حتى شهر، وفوق ذلك لا يستطيع احد التنبؤ متى ستكون القطعة بين أيدي المتخصص. في أثناء تلك الفترة يجب على القطعة أن تحتمل البقاء. من ناحية أخرى، إذا مضينا في العمل آخذين وجهة النظر تلك في الاعتبار، فإن القائم بالعمل هو الذي سيختار مظهر القطعة وسيُقدر بنفسه مدى كون ذلك مُتقبل. عندما يتم التشرب في حقل الحفريات بشكل ينم عن الدراية، فإن ذلك يعني أنه كان لازماً لاقتطاع القطعة ولنقلها، إلخ...، ولا يستدعي منطق الأمور دائماً السير في الإتجاه المعاكس في المعمل. يجب اعتبار الرجوعية – في هذا المجال – على أنها الإجراء الوحيد الآمن وليس علي كونها عملية تغطية وتامين لمعالجات قد عُملت بطريقة تقريبية.

ما هو الرفع الجيد؟

الرفع (الاقتطاع) prélèvement هو الفعل الذي عن طريقه يتم فصل القطعة الأثرية عن سنادها ذو التماسك والالتصاق المتغير. قد يحدث أن نستخدم وسائل تقنية مختلفة عن تلك المتمثلة في مجرد «اللم» البسيط في حالة ما إذا أردنا إما رفع الشواهد الأثرية النادرة والهشة ذات البناء المعقد (جماجم، آثار خشبية، سلال، نسيج)، أو رفع القطع الكاملة أو التي تعتبر كالكاملة وهي متكسرة في ذات مكانها (زجاج، خزف، عظم شديد التجزء)، او أيضاً رفع تجميعات لقطع ذات مواد مركبة، يُعرف أو لا يُعرف تركيبها أو العلاقة فيما بينها (جبانة، عناصر من الحديد مبعثرة وسط بقايا من الخشب، بقايا مواد عضوية، جلد أو نسيج).

وفي هذه الحالة، فإن الرفع يهدف إلى تأجيل إجراء التنقيب الشامل إلى وقت آخر أو في أحيان أخرى إلى مكان آخر، قد يكون متاح لنا فيه الوقت اللازم أو المعدات الملائمة أو تواجد المتخصصين.

الهدف الأول إذاً، هو نقل الآثار في مجملها بدون الإتيان بأقل إضطراب أو تغيير بها. والهدف الثاني، هو التوفير فعلياً لظروف تنقيب أفضل لها من الموجودة في حقل الحفريات. الطرق المعتاد تطبيقها هي:

– ما يمكن أن نسميه الرفع في المدرة (حفنة الأرض المتماسكة) en motte، والتي فيها ترفع الآثار على سنادها الطبيعي الذي هو الأرض، وتحفظ في صناديق صغيرة أو هياكل خشبية حسب الحجم؛

– الرفع عن طريق عمل طلية chape (طبقة رقيقة من مادة ماسكة) والتي فيها يتم تماسك الآثار الظاهرة بتغطيتها بطلية على سطحها تعمل كسناد جديد بعد قلب تلك الآثار.

الرفع في مدرة

نستخدم هذه الطريقة في الرسوبيات المتجانسة سهلة التفتت، ويتم قطع الرسوبيات على حسب شكل حدودي (كنتور) منتظم الشكل لأقصى ما يمكن (يقترب من شكل المستطيل مثلاً)، ويبعد بضعة سنتيمترات عن القطعة أو مجموعة القطع (يمكن لنا حفظ تماسك حواف المدرة بأربطة من القماش مثلاً). نقوم بتعليم اتجاه المدرة المراد رفعها بالنسبة لحقل الحفريات، ثم نزلجها في داخل إطار متماسك بواسطة شرائح خشبية، أو قطعة من الصاج المعدنية الصلبة والقاطعة، أو جاروف. يتم سند تلك المدرة بواسطة بعض القطع الهشة من البوليسترين المتمدد. ويتم تغليف الكل بلفافة من البولي إيثلين ويعهد بها سريعاً إلى المعمل قبل أن تجف التربة والأثر. الرفع في مدرة يمكن أن يتم على قطع سبق أو لم يسبق تدعيمها. ماذا يكون مصير تلك المدرة إذا لم يتم التفتيش فيما بها بشكل فوري؟ تتمثل أمامنا حالتان:

– يُحتفظ بالرطوبة الطبيعية عن طريق الاحتواء (وضع في صندوق أو هيكل غير مُنفذ أو فرد غطاء من البلاستيك على السطح) أو بجلب اصطناعي للرطوبة (بالرش). في تلك الحالة، يتولد وسط ملائم بشكل كبير لنمو العفن، ومعاودة نشاط تآكل المعادن (وجود أكسوجين، وتأثير البطارية – أنظر الباب الخامس) وكذلك تراكم الرسوبيات. تلك الرطوبة يكون من الصعب المحافظة عليها بشكل دائم: يكون هناك دورات ترطيب وتجفيف، وتتدهور المواد العضوية التي كنا نريد الحفاظ عليها؛

– تجف المدرة بشكل تلقائي سريع لحد ما حسب الوسط المحيط. في أثناء الجفاف البطيء، يستمر المعدن في التأكسد. إذا تراجعت الرسوبيات وإنكمشت في أثناء الجفاف، فإن الشقوق يمكن أن تكسر الأثر وتصبح الرسوبيات صلبة، ومتماسكة بشدة ويستحيل التنقيب فيها بدون إعادة ترطيبها، وهذا هو ما نحاول باستمرار تجنبه. استرجاع المواد يتم في ظروف صعبة في المدرة الجافة فالأجزاء الصغيرة التي كانت باقية في مكانها تنزلق في الشقوق.

في الحالة الأولى والثانية يترجم هذا إلى فقد كبير في المعلومات.

أما وقد أوضحنا أخطار الرفع، فإننا يجب ألا ننسى الكّم الفائق للمعلومات الذي يمكن أن نتلقاه عند التنقيب في مدرة بحالة جيدة، فهي تسمح بالوصول إلى علامات لآثار لا يمكن الوصول إليها بالطرق الميدانية، وذلك بفضل رؤية مقربة للرسوبيات.

والأمر يبدو، كأنه حقل حفريات مُصغر تتكامل فيه أساليب علم الآثار مع أساليب الحفظ.

الرفع في وجود طلية أو دمج

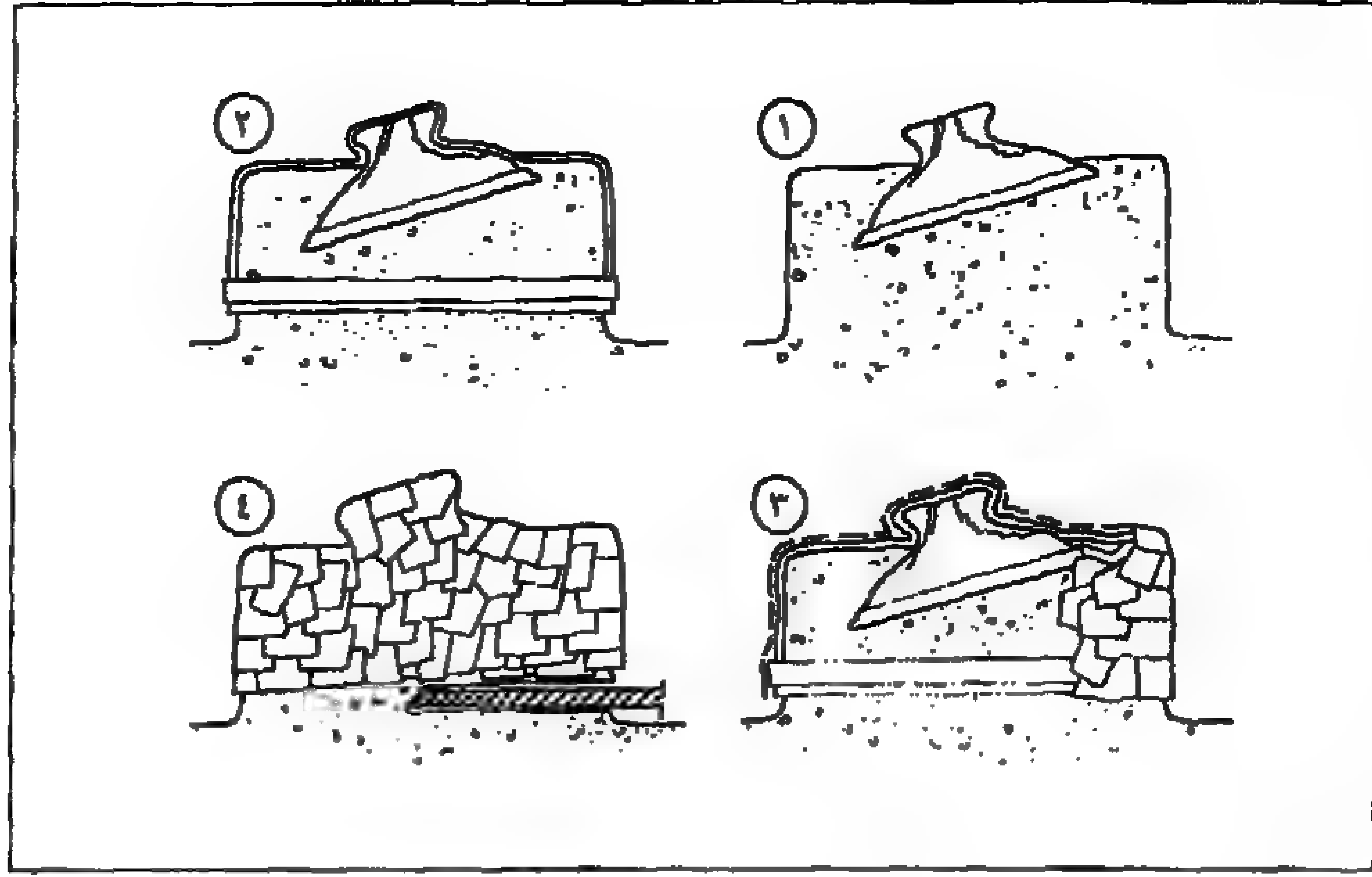
هذه الطريقة تعتبر الطريقة «التقليدية» المستخدمة من قبل علماء الحفائر القديمة (البالونتولوچية) بالنسبة للعظميات الكبيرة.

كما هو الحال عند الرفع في مدرة، فالحكم على نجاح تلك الطريقة لا يتأتى إلا عند التنقيب والكشف عن الآثار ورفعها من الطلية الخاصة بها.

المخاطر الرئيسية هي كالآتى:

– الأجزاء المرفوعه تكون هي نفسها، مستترة تحت طلية أو عدة طليات مما يعطينا إحساس مغلوط بأنها فى مأمن. تلك الأجزاء المرفوعة يجب أن تخضع للتنقيب بأسرع ما يمكن؛

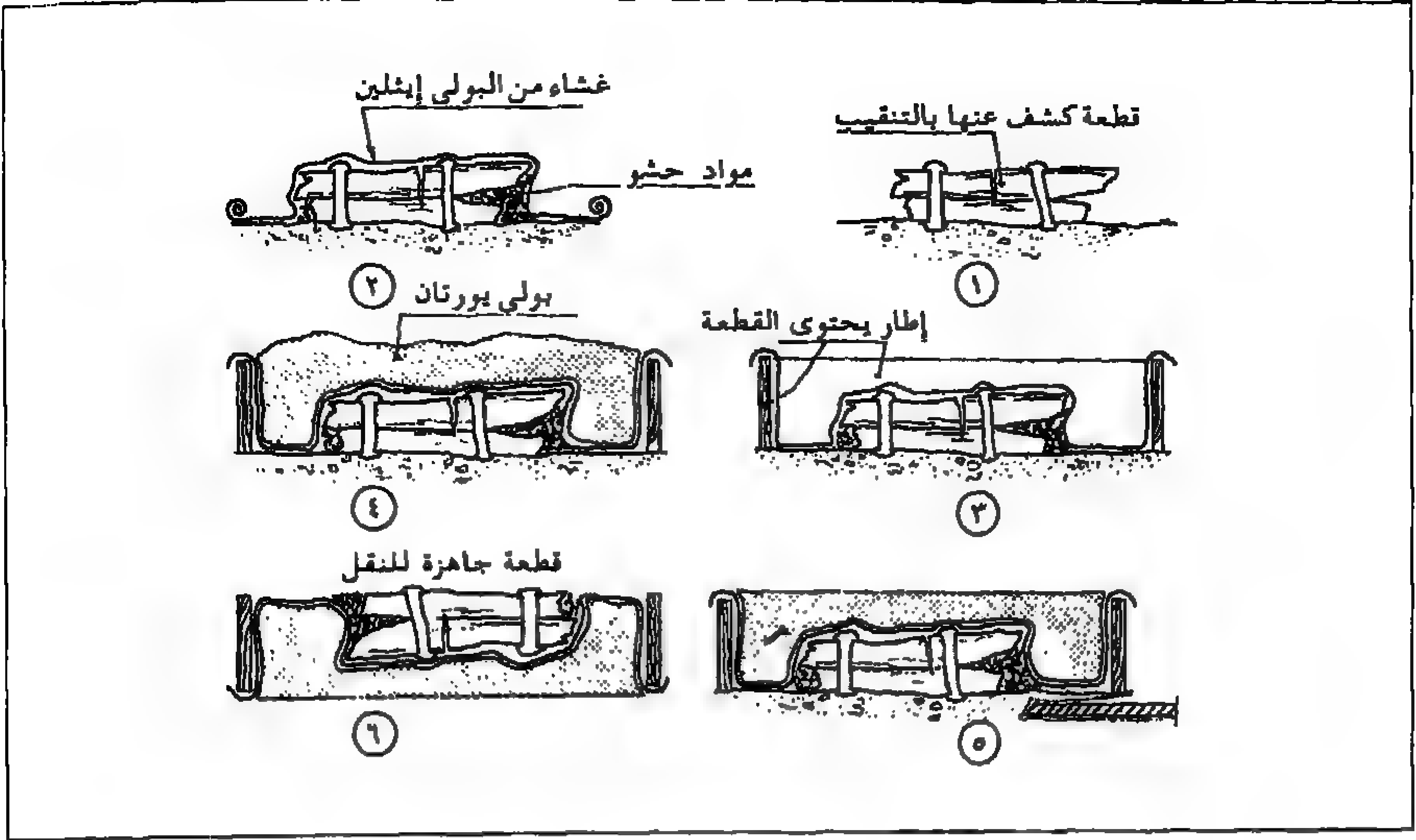
– تضمن الطلية تماسك الآثار إلى جانب أنها تعمل كغلاف واقى عند إجراء التعاملات أو النقل. لا يجب المبالغة في السمك اللازم عمله، بالذات بالنسبة للجبس، لأنه يجب أن يكون في مقدورنا إزالته بدون مطرقة (قادوم) أو إزميل. ولهذا السبب فإننا ننصح باستعمال اللفائف المشبعة بالجبس، والتي تكون صلبة بما فيه الكفاية لأغلب الوقت، ونستطيع التحكم جيداً فى سمكها إلى جانب أنها تجف وتقطع بدون مشاكل كبيرة (شكل ١).



شكل ١. الرفع في وجود طلية من الجبس.

وتستعمل بشكل أكبر، رغاوي من البولي يورتان mousses de polyuréthane التي يمكن لنا فردها بأنفسنا.

يجب عزل الآثار عن الطلية باستخدام غشاء من البولي إيثيلين أو الورق الماص للرطوبة (شكل ٢). باختصار فإننا نقوم بالعمل بالطريقة الآتية: نتأكد أولاً أن القطعة التي تم الكشف عنها بشكل كامل لها التصاق ضعيف بالسناد، وأن شكلها الخارجي ملائم لهذا النوع من العمليات فلا يجب أن تواجد مناطق غائرة فيها. سنعزل القطعة جيداً بواسطة ورق أو غشاء من البولي إيثيلين. سنجهز إطار يحتوي فقط على أربعة أضلاع تكون أزيد في الطول والعرض عن القطعة بخمسة أو ستة سنتيمترات، ليكون معد لاستقبال رغاوي البوليرتان. نستخدم الرغاوي المباعة في صورة سائل على شكل مكونين نقوم ببسطهما بانفسنا - ينشأ اليورتان uréthane من التفاعل الكيميائي لبوليول polyol (مُكون من القاعدة A) على إيزوسيانيت Isocyanate (مُكون من القاعدة B). يتم خلط المكونان يدوياً بالنسب المقررة من قبل المنتج، يجب أن يكون الخليط متجانس بعد ٦ أو ٨ ثواني. ثم يتم سكبه سريعاً وبكميات صغيرة في الإطار، ونجدد العملية حتى الإمتلاء الكامل للإطار.



شكل ٢. إحاطة في راتنج من البولي يورتان المنبسط.

بعد بسط البولي يورتان بشكل كامل (بعد ساعة أو ساعتان)، يتم نشرِه للحصول على سطح تام الإستواء، يتم إذاً قلب الكل - سطح القطعة التي تبقى معرضة للهواء يتم حمايتها بغشاء من البولي إيثيلين- ولا يتبقى إلا نقله سريعاً نحو المعمل.

المخاطر المرتبطة بإستخدام البولي يورتان

- المنتج وهو في الحالة السائلة، أو إذا لم يحسن بسطه، يلتصق على أغلب المواد ويلطخها؛

- المادة المنبسطة تخلق ضغوطاً يجب علينا التأكد من السيطرة عليها؛

- جودة عملية البسط تعتمد على درجة الحرارة والرطوبة. تقلل الزيادة في الرطوبة من الوزن النوعي للمنتج النهائي، فتفقد التكوينات صلابتها الميكانيكية لما لها من مسام مفتوحة ولا تحقق بالتالي التماسك المطلوب؛

- يتسبب التفاعل في حجز شديد للحرارة داخل الرغاوي، ويزداد هذا بزيادة الكميات المستخدمة؛

- يكون الإيزوسيانيت سام، وعندما يشتعل يُخرج حامض البروسيك acide prussique؛

– البولي يورتان المعبأ في اسطوانات تحت ضغط، لا يمكن استخدامه كحل بديل لأن الدفعات من المادة بعد بثقها من الأسطوانة لا تلتحم بشكل جيد فوق بعضها البعض، فتكون الكتلة المتكونة غير متجانسة ورخوة بشكل كبير.

المواد

العظم

مصطلح عظم هو مصطلح مُبهم، فهوكما يشير إلى فقرة عظمية لها صفة تشريحية فإنه يعني أيضاً المادة الكيميائية التي تكونه. وهو يشمل كذلك «المواد الصلبة الحيوانية» ذات النسيج العظمي ويعني هذا ذات التركيب الكيميائي الواحد: مثل العظم والأسنان – التي منها العاج – وأخشاب قرون الآيائل، لأن مكوناتها المعدنية (هيدروكسيباتيت hydroxyapatite) والعضوية (كولاجين collagène) تكون متطابقة (صورة ٣)، أما نسبها فتختلف الواحدة عن الأخرى.



صورة ٣. قطاع في ناب الماموس ويتضح فيه البناء ذو العوارض الذي يصبح أقل دقة ومنضغط كلما إتجهنا نحو الحواف الخارجية للسنة (صورة لـ F. Chavigner).

ومع العظم فإننا نتناول واحدة من أكثر المواد تواجداً في الحفريات الأثرية، في حالة ما إذا كانت الرسوبيات قادرة على حفظه (Binford, 1981). يكون العظم موجوداً على هيئة بقايا مواد حيوانية، وبقايا بشرية، وبما أن مشاكل الحفظ المتعلقة بالعظم ترتبط غالباً بمجموعات ذات كميات وأحجام كبيرة، فإن الأمر يستتبع معه استخدام أساليب مختلفة عن التي نستخدمها للقطع المتفرقة.

خاصية أخرى للعظم وهي تنوع الأشكال (عظم طويل، عظم منبسط) والمقاسات (خاص بالماموث أو الكائنات الحيوانية المِكروية)، وبالذات اختلاف البناء (عظم إسفنجي، عظم متماسك). يمكن أن نضيف على ذلك مختلف التجهيزات التي أدخلها الإنسان عليه والتي تمنحه خواصاً جديدة (عظم مصقول، مُسخن، محروق، منقوش عليه، مُخضب بلون المغرة (أوكر)، مُستعدل).

كل تلك المتغيرات، بدون نسيان تلك المتعلقة بعمر أو نوع الشخص، تتضافر مع عدد لا نهائي من شروط ومدد الدفن المحتملة، ويكون عددها بعدد مواقع الحفريات الموجودة.

فلا توجد قطعتان من العظم من نفس الموقع أو بالأحرى من موقعين مختلفين يمكن أن تكونا متطابقتان بشكل تام وفي نفس حالة الحفظ. فالعظم هو حالة مثالية لإستعراض المشاكل التي تفرضها عادةً المادة الأثرية: فنحن نكون أمام «أكوام» من الحالات الخاصة.

التركيب الإجمالي للعظم الجاف (غير الأثري) تكون عبارة عن ٣٠٪ من المواد العضوية و٧٠٪ من المواد المعدنية. يتكون الجزء العضوي من بنية شبكية من الكولاجين البروتيني. ويتكون الجزء المعدنى من أملاح الفسفوكالسيك phosphocalciques في صورة بلورات مِكروية موزعة على بنية شبكية من الكولاجين التي تحدد إتجاهها (Lapierre, 1976)، ويتعلق الأمر أساساً بالكسيباتيت المائي (هيدروكسيباتيت) hydroxyapatite $[3Ca_3(PO_4)_2Ca(OH)_2]$. ظواهر التغيير في التربة تصيب هذان العنصران بنسب متفاوتة بشكل متزامن أو متتابع. عند الكشف عن الآثار فإن العظم الذي

ذاب المكون المعدني به يكون مسامياً وهشاً، وذلك العظم هو الذي عادةً ما يتم تدعيمه. أما العظم الذي لم يختفِ المكون العضوي به تماماً فإنه غالباً ما يبدو في حالة جيدة، ولكنه يكون معرضاً أيضاً للتشقق بشكل أكبر عند التجفيف.

الكشف والرفع

من الممكن تطبيق تقنيات الرفع في مدرة على المواد العظمية، والرفع باستخدم طلية (من الجبس أو البولي يورتان) والذي سبق وصفهما. بالنسبة للقطع الهشة جداً، يمكن أن نُشرك مع تلك الطرق التدعيم بتشرب راتنج تخليقي أو نستخدم هذه الطريقة الأخيرة وحدها قبل رفع القطعة المدعمة بالطريقة العادية. سنستعمل البارالويد paraloïd B72 وهو راتنج مشترك اكريليكي copolymère acrylique الذي يبدو أن سلوكه، المدروس بشكل جيد، يكون مرضياً مع مرور الزمن. يتم مسبقا تحضير محلول ضعيف التركيز (٥٪ وزن للحجم جرام/لتر، ويعني هذا ٥٠ جرام من الراتنج مذاب في الأسيتون للحصول على لتر من المحلول)، وتدون البطاقات بشكل واضح، وتخزن في دولاب لحفظ المذيبات أو في مكان رطب وجيد التهوية. عند ذلك التركيز، فإن المحلول يجب أن يبدو في مثل سيولة المذيب النقي.في الحقل الأثري، يكون في متناول أيدينا كميات صغيرة منه موجودة في ماصة أو مرذاذ (بخاخة) أو في زجاجات صغيرة مغلقة ومدون عليها ما بها (يجب تجنب الأوعية التي غالباً ما تكون مفتوحة حتى لا يرتفع التركيز مع ذهاب المذيب تدريجياً). يتم تطبيق ذلك المحلول شيئاً فشيئاً، عن طريق حقنه بسرنجة، أو طليه بالفرشاة أو تذريته، ولا يجب أبداً سكبه على القطعة. يتم استبعاد الرسوبيات بقدر الإمكان على مدار تلك العملية (بالفرشاة أوبعود خشب صغير) مستفدين من التطرية التي أوجدها المذيب.

باستخدام تركيز أعلى من ذلك (من ١٠ إلى ١٥٪ بالوزن للحجم)، نحصل على تأثير لتصلب ظاهري ويتكون غشاء من الراتنج على القطعة، ولا يكون هناك تشرب جيد. حتى نتجنب أن يعيق التبخر السريع للمذيب

من نفاذ الراتنج أو يعيد جزءاً كبيراً من الراتنج الذي يحمله إلى السطح، فإننا نبطئ من خروج ذلك المذيب بوضع القطعة تحت ناقوس صغير، يتم عمله من رقائق من الألومنيوم مثلاً (ولكن لا يجب أن يلامس السطح أى شئ حتى الجفاف التام للمدعم) وباعتبار نفس الأسباب، فإنه من الأفضل أن نعمل في الظل وفي ساعات النهار الأقل في درجة الحرارة. يجب أيضاً أن ننتظر حتى التصلب التام للمدعم قبل أن نرفع العظم المتشرب.

لا تُستعمل تلك الطريقة على العظم الرطب، لأن البارالويد لا يتواءم مع الماء. يمكن لنا إذاً إستخدام الراتنجات الأكريليكية المشتتة في الماء (بريمال Primal). البريمال WS24 هو عبارة عن تشتت غروي لجزيئات صغيرة جداً ، يوصى به بشكل خاص للمواد العظمية (Koob, 1984).

قد قمنا مسبقاً باستعراض العيوب العامة للتشتت المائى. غير أننا يجب ألا ننسى العمل على إزالة المخاطر المرتبطة بالتعامل وبالتخزين للمذيبات القابلة للإشتعال والسامة فى حقل الحفريات.

التنظيف

عند التنظيف يجب عدم ترطيب العظم الجاف على قدر الإمكان. سنستخدم أدوات مثل فرشاة الدعك الطرية وفرشاة الدهان أوالمنفاخ على شكل الكمثري الصغيرة المستخدم في تنظيف آلات التصوير، أواعواد من الخشب الطرى لزعزعة الرسوبيات الصلبة الصغيرة وذرات الرمل، ولب الموضوع هنا هو تكييف صلابة الأداة المستخدمة مع صلابة العظم والسهر دائماً على عدم القيام ببريه أو حزه.

سطح العظم قد يحمل علامات ذات مغزى (من التقطيع، من أعمال الجزارة، إلخ...)، أو بقايا صباغة (عاج متعدد الألوان، عظم أمغر (أوكر))، أو أعمال تهذيبية أو بري (صقل) وتلك العلامات لا تظهر إلا بتفحص دقيق وقد يؤدى التنظيف إلى إخفائها أو طمسها.

في حقل الحفريات، يكون غالباً من الأفضل الاقتصار على دعك الرسوبيات ضعيفة الالتصاق بفرشاة طرية. يمكن غسل العظم الرطب سريعاً بعد اقتطاعه،

قبل أن يبدأ في الجفاف باستخدام خيط منساب من المياه النظيفة، التي يكون قد أزيل عنها العسر، مع تجنب غمر القطع فيها لمدة طويلة.

التجفيف والتعليم

العاج الذي وجد رطباً يجب أن يُحفظ وهو رطب، ويتم وضعه في داخل ثلاثة أكياس من البولي إيثيلين الملحومة أو في داخل كيس مزدوج له إقفال مدمج، يكون الكيس الثاني منه محتوي على مخزون من الرطوبة على شكل قطنة مُشربة بالماء (صورة ١).

تُبدي الأسنان التي تحوى في بنائها على أنسجة ذات مرونة وسلوك متغير حيال التجفيف (عاجين ومينا cément) هشاشة عند التيبس، سنتبع نفس الطرق المتبعة للعاج، إلا إذا كان قد تم تدعيمها مسبقاً.

القطع التي تكون في «حالة جيدة» والتي عُملت من عظم مدمج، عالي الكثافة وسميك تتفاعل عند الجفاف بشكل أعنف من العظم الذي يكون مسامياً ومذاباً جزئياً. وبنفس الطريقة فإن العظام الطويلة التي تكون المنطقة القشرية بها سميكة تتشقق أكثر من العظام المسطحة التي تكون المناطق القشرية بها رقيقة ومفصولة عن بعضها بعظم إسفنجي. إن مخاطر تكون الشقوق وعمقها تكون غير متحسبة (صورة ٤)، ويكون إذاً من الأفضل بالنسبة للعظم المُشكل الذي وُجد في حالة رطبة أن نحتفظ به على نفس الحالة الرطبة.



صورة ٤. مثقاب من العظم من العصر النيوليتي (العصر الحجري الأخير) واضح فيه الشقوق الناتجة عن التجفيف (Capdenac-le-Haut, Lot، حفريات J. Clottes, M. Carrière، تصوير F. Chavigner).

يمكن أيضاً تعريض العظم الرطب إلى تجفيف تدريجي، يتم داخل أكياس من البولي إيثيلين المحتوي على ثقوب. تعتمد سرعة التجفيف على رطوبة الهواء المحيط. في وجود هواء شديد الجفاف، فإنه يتم ثقب الأكياس بشكل أقل وتُراقب بشكل يومى.

بشكل عام، فإننا نحافظ على العظم بعيداً عن أي تجفيف حاد (شمس، مدفأة، هواء محيط شديد الجفاف أو تسخين موضعي: مصابيح، إلخ...).

يتم تعليم العظم بعد أن نضع عليه فيلم (غشاء) من البارالويد المركز وبذلك نتجنب نفاذ الحبر إلى داخل العظم.

يمكن لصق القطع المكونة من عظم متكسر بواسطة لاصق «أوهو Uhu»، نستعمل عادةً أوعية تحتوى على الرمل لوضع القطع بشكل قائم عند اللصق.

الخزف والزجاج

يكون للخزف والزجاج مشاكل متشابهة عند الرفع والحفظ في حقل الحفريات.

درجة الثبات degré de stabilité (والتي لها علاقة بالحالة الفيزيائية والكيميائية للمادة وقت الكشف عنها) تبدو شديدة الارتباط بطريقة الصنع (التي نرجع فيها إلى التقنيات المُستخدمة في ذلك العصر)، أكثر من ارتباطها بظروف الدفن (الأبواب التالية، والتي تخص كل من تلك المواد، تسمح بتناول هذا المجال في مجمله وكذلك الخصائص الذاتية لكل منها).

يتم تناول مشاكل السطح من بداية إزاحة التربة عن القطعة. بشكل عام فإنه من المتاح إزالة التربة والتوقف قبل عدة مليمترات من سطح القطعة؛ تنفصل الرسوبيات من تلقاء نفسها عند السطح البيني أو يتم دعكها برفق بالفرشاة. يكون من اليسير التنقيب بدقة فى الرسوبيات سهلة التفتت، فالأدوات المصنوعة من الخشب والعظم والتي يوصى باستخدامها لعدم الإضرار بالقطع خلال التنقيب تنكسر في الرسوبيات الصلبة.

القطع من الخزف أو الزجاج ذات الأسطح الهشة والتي كُشف عنها وهي رطبة يجب بشكل قاطع أن تُحفظ في حالة رطبة. فأقل تبخر، يمكن أن يتسبب في موجان (تموج) كامل لسطح الزخارف حتى أثناء التنقيب.

تلك القطع سيتم وضعها في أكياس من البولي إيثيلين أو في أكياس ذات إغلاق مدمج مع وضع مخزون من الرطوبة بها. الأسطح الهشة التي وجدت في وسط جاف سيتم الحفاظ عليها جافة بعد إزالة الأتربة عنها، كل القطع التى يظهر بها تورق أو تقشر توضع مبسوطة في أواني صلبة. يجب إعادة وضع الأجزاء المموجة أو المنفصلة في مكانها (دهان الخزف اللامع، وريقات من الزجاج، شظايا).

خزف وطينة محروقة بغير تماسك

بخلاف الخزف المعيب من فعل حرق سئ، أو بسبب تركيبه، أو الذي به تغيير شديد، فالأنواع المختلفة من الطينة المحروقة أو المُسخنة مثل صحن الفرن أو الموقد تثير مشاكل من حيث نقص التماسك بها.

يتم رفع الأسطح والكسور، ويمكن ترك الطينة المحروقة لتجف ببطء في حقل الحفريات، وتكون بالفعل أصلب بشكل أكبر وهى جافة عنها وهى رطبة. إذا لم تكن الطينة المحروقة قابلة للرفع بعد إجراء تجفيف بسيط فإنه يتم تدعيمها بواسطة راتنجات أكريليكية. بعد التبخر، سنستعمل البارالويد B72 في محلول الأسيتون وذلك بإجراء عدة تشربات متتالية بتركيزات متدرجة في الارتفاع (٥٪ ثم نزيد على ذلك) كما رأينا في حالة العظم. يجب أن يسبق ذلك أخذ العينات للأغراض المحتملة من تحليل أو تأريخ.

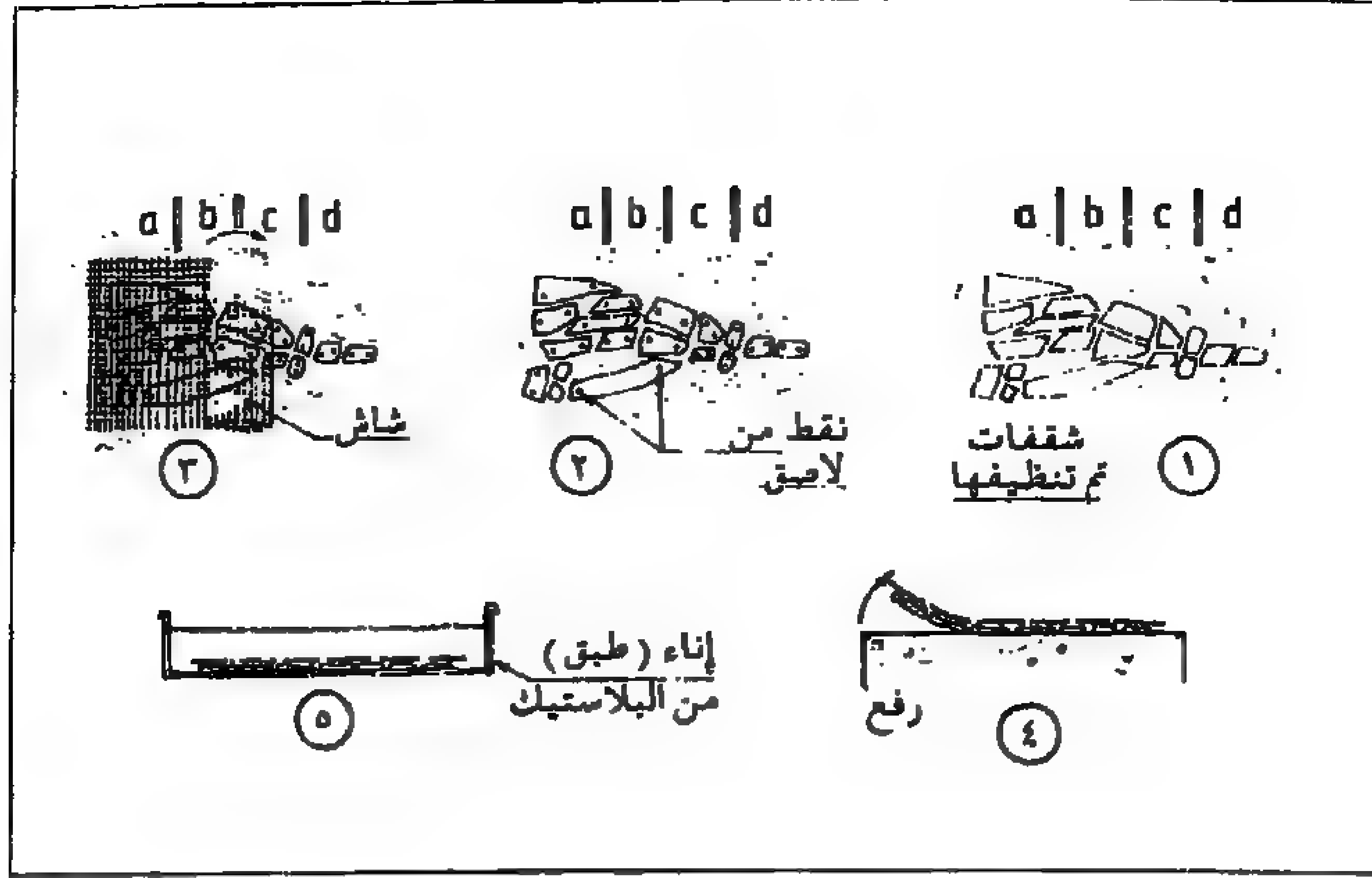
لا يجب المضي في التدعيم إذا لاحظنا تكون غلالة بيضاء على السطح، وهي دلالة على أن الهواء المحيط رطب بشكل كبير أو أن المادة المطلوب تدعيمها لم تجف بشكل كاف، سنستخدم إذا (كما هو الحال في العظم) مشتت مائي: البريمال Primal WS24.

الرفع

يتعلق الأمر هنا برفعٍ (إقتطاع) prélèvement مجاميع دقيقة تكون متجزئة في مكانها. يكون دائماً في إمكاننا رفعها في مدرة en motte، غير أنه لايكون من السهل تعيين مدى عمق تواجد الآثار فيها. إذا كانت الآثار مقامة على سناد من التربة المدمجة، ذات الشكل المتقعر على الأخص، فإن المدرة ينحصر دورها في أنها تمثل ذلك السناد البسيط. بعد الرفع سيتم غربلة التربة المحيطة.

الرفع بطريقة القطاعات secteur يطبق على الآثار ذات الأبعاد الكبيرة أو تلك المصنوعة من الخزف أو الزجاج والتى تكون أشكال الكسر فيها غير نمطية. يتم تحديد المناطق على الأرضية بواسطة أعواد من الخشب ترص بشكل منتظم يكون عمودياً على محور القطعة، ويعطى لها ترقيم، ثم يتم التقاط العناصر الموجودة بكل قطاع. عند نهاية عملية «اللم»، تغربل التربة من أجل استعادة آخر العناصر المتبقية.

بالنسبة للخزف والزجاج ذوى حالة السطح الجيدة، يمكن القيام بالعمل على التربة غير المتماسكة (سهلة الحرث) بالطريقة الآتية (شكل ٣): بعد إزالة الأتربة بالشكل الدقيق الذى يُظهر كل شقفة بوضوح، نضع قطعة من الشاش على الأسطح التي تم تنظيفها جيداً؛ نضع على كل شقفة في نقطة أو نقطتين منها، على حسب مقاسها، قطرة من لاصق متعدد الأغراض (من نوع Uhu) مما يربط الشقفة بالشاش؛ بعد الجفاف التام للاصق يتم ترطيب الأرضية تحت الشقفات بواسطة محقن (سرنجة) مثلاً بغرض أن يصبح التصاقها ضعيف بشكل كافى لكي نتمكن من رفع الشاش برقة من إحدى أطرافه؛ قطعة الشاش الحاملة للشقفة يتم وضعها من ناحية الشاش على قاعدة صلبة (وعاء كالمستعمل في التحميض مثلاً) بحيث يكون جاهزاً على مقربة منا، لتجنب إجراء أية تعاملات أخرى. سيصبح إذاً من الممكن الآن إجراء تنظيف للشقفات. بعد التجفيف، سيتم إذابة نقط اللاصق بالأسيتون وذلك كلما تقدمنا في إعادة التركيب (توصف طريقة مماثلة بشكل كبير لرفع النسيج).



شكل ٣. رفع مجموعة من شقفات الزجاج المرتبطة ببعضها البعض.

يمكن لنا استخدام غشاء من اللثَى (لبن النبات) latex كبديل عن نقط اللاصق، فنضعه على ثلاثة طبقات بحيث يكون بين كل واحدة والأخرى وقت للتجفيف الكامل. يستوجب الأمر لاجراء ذلك تواجد شروط حقلية مواتية بشكل كبير، خاصةً بالنسبة للرطوبة: كأن تكون التربة والشقفات غير رطبة عند وضع اللثَى، وأن يكون الهواء المحيط جافاً حتى يستطيع اللثَى أن يجف ومن ثم يلتصق بشكل كاف. سيتم إستبعاد اللثَى بعد ذلك بعمل شد بسيط بعد القيام باختبار مُسبق (صورة ٥).

القطع الخزفية المكتملة

تشكل القطع الخزفية المكتملة حالات خاصة عند كونها سليمة، ويعني هذا أنها غير محطمة أو قليلة الشقوق، ويمكن تفريغها من الرسوبيات المحتواة فيها بعد الكشف الكامل عنها. لا يجب الاستخفاف بإمكانية العثور في داخل قدر على طبقات متراصة من المواد المترسبة التي تكون قد تكونت نتيجة لبقايا حيوانية أو بقايا ترميد (تحريق الموتى) أو بقايا طعام مطبوخ ملتصق بالجدران.



صورة ٥. رفع مجموعة من الشقفات في مكانها. قد غطي السطح بثلاث طبقات من اللفّ (صورة لـ F. Chavigner).

بالنسبة للقدور المكتملة المتشققة بشكل كبير أو المحطمة في مكانها بعد الكشف الكامل عنها، فإن المواد المترسبة بداخلها تعتبر أفضل سناد للشقفات طالما أن التربة تكون رطبة (صورة ٦). عندما تجف التربة فإنها تنكمش وتنفصل الشقفات عن المدرة. ويُحافظ على الشقفات ملاصقة للتربة بواسطة قطعة من الشاش يحاط الوعاء بها بشكل متقاطع كما هو الحال فى الأربطة (Seasa, 1984).



صورة ٦. تغليف لقطعة خزف مجزاة. غشاء البولي إيثيلين يحافظ على المكونات في مكانها ويكبح الجفاف (Gourjade, Castres, Tarn حفريات وتصوير J.-P. Giraud).

غسل وتجفيف القطع الخزفية والزجاجية التي في حالة حفظ جيدة

في المواقع التي نجد فيها إنتاج من الخزف جيد الحرق وقليل التغيير معاً، وإذا كان ذلك الخزف بدون زخارف من تلك التى توضَع عليه بعد الحرق، فإن تنظيف الشقفات يمكن أن يتم بالفرشاة الطرية، في الماء الجاري. سنذكر مع ذلك بعض الملاحظات البسيطة:

– ذلك التنظيف البسيط بالماء يمكن أن يُغير أو يُزيل عناصر من الجائز أن تكون مُعبرة عن محتوى القطع الخزفية أو آثار مرتبطة بمضمون الدفن وبالقطع التي كانت مجاورة لها في ذلك الوسط: الغسل بشكل منتظم لكل الشقفات يدل على أن الآثاري يعتبر أن تلك الملاحظات لا فائدة منها على الإطلاق؛

– يكون من المفيد اختبار مقاومة العجينة المسامية للماء، حتى لو كانت تلك العجينة جيدة الإحتراق، فيتم تقدير صلابة الشقفة بشكل مبدئي، بواسطة سن من الخشب مثلاً، ونتأكد من عدم تغييرها بالغمر؛

– في المواقع التي يكون بها وفرة من الماء فإن ذلك يسمح بدعك الشقفات بالفرشاة واحدة بعد الأخرى على منخل تحت خيط من المياه الجارية، وذلك بدلاً من غسلها على بعضها بدون ترتيب في حوض صغير: فالمياه المحملة بالتربة تصبح سريعاً مُصنفراً قوياً. عندما يستوجب علينا الاقتصاد في الماء وفى حالة تخصيص إناء كبير لغسل الخزف، يتم عندئذ غمر الشقفات في كمية صغيرة من الماء، ثم تُغسل الواحدة بعد الأخرى في حوض صغير يتم تغيير المياه به بشكل متكرر أو يتم ذلك تحت خيط رفيع من المياه: تجمع كل المياه المستعملة ويعاد تدويرها بعد ترويقها وترشيحها لكي تُستعمل لذات الغرض نفسه مرة أخرى؛

– المشكلة الكبرى المتوقع ظهورها إبان التجفيف هي التزهر efflorescences، وهو ظهور مسحوق أبيض أو بلورات لها شكل إبرى على سطح الخزف. عند ذلك يجب إيقاف التجفيف ونحفظ الشقفات رطبة حتى يتم القيام باستبعاد الأملاح الذائبة المسئولة عن ذلك التزهر. يتطلب غسل

الخزف الهش والزجاج المتغير بعض الاحتياطات الخاصة، سيتم التعرض لها بالنسبة لهاتين المادتين في الباب التالي (الباب الثالث: الخزف).

التعليم

لتعليم شقفات الخزف والزجاج، فانه يتم عزل السطح اللازم لكتابة البيانات المرجعية باستخدام دهان براق (ڤرنيه) (برالويد بتركيز ٢٠٪ مثلاً). يُستخدم الحبر الشيني الأسود إذا كانت الأرضية فاتحة أو الأبيض إذا كنت الأرضية داكنة ، ثم يغطى ثانيةً بالطلاء البراق لحمايته.

بالنسبة للقطع المكتملة أو الكسور الكبيرة فإننا نتجنب التعليم في المناطق المعرضة بشكل أكبر للإحتكاك أو للإمساك بها. تعليم الشقفات الزجاجية دائماً ما يشوه القطع التي قد يمكن تجميعها وتكاملها مع بعضها، ولكن ذلك التعليم يكون رجوعياً مستقبلياً في حالة ما إذا تجنبنا نفاذ الحبر إلى داخل السطح.

المعدن

تخلق القطع المعدنية مشاكل حفظ وترميم شائكة في جميع فترات وجودها بعد خروجها من الأرض (Carbonneaux, 1983)، أربعة نقاط أساسية تبدو لازمة لضمان حفظ تلك القطع في حقل الحفريات:

- ضمان تقديم المساعدة من مراكز التصوير بالأشعة السينية والترميم القريبة؛
- الاحتفاظ بإمكانية إجراء تنقيب دقيق لاحق وذلك بإستخدام طرق رفع فعالة؛
- اختيار طرق تخزين ملائمة لحفظ المعدن على المدى القصير والمتوسط.

لرفع المجموعات المركبة أو شديدة التجزؤ، فإننا نلجأ إلى الرفع في مدرة، بتدعيم أو بدون تدعيم مسبق (برالوايد B72 بتركيز ٥٪ أو أكثر، بريمال Primal WS24، بنسبة واحد إلى اثنين حجم إلى عشرون حجم ماء). هذا

الأخير يستخدم لأنواع من «باتينا» patine البرونز الهشة بشكل خاص والتي تكون قد وجدت في وسط رطب. المدرة تتطلب مراقبة خاصة بسبب التآكل النشط للمعدن.

إذا كان المعدن مرتبط مع مواد عضوية (جلد، خشب، إلخ ،...)، يتم وضع العينات الصغيرة في الثلاجة (البراد) (من ٥ إلى ٦ درجات سلسيوز) أو في مكان رطب مُعتم. يكون من الممكن إجرء الرفع بالتقفيل encastrement في طلية chape من الجبس أو من الأربطة المشبعة بالجبس أو من البولي يورتان. سيتم العمل كما بينا في الأشكال ١ ، ٢. يجب عزل الآثار عن الطلية باستخدام غشاء من البولي إيثيلين .

التنظيف

تُترك الرسوبيات الجيرية والسيلكونية الملتصقة بالسطح في مكانها. سنزيل التربة التي يمكن التخلص منها بالفرشاة الطرية مع تجنب أي حك. في تلك المرحلة فإن الملاحظات التي تُعمل بالعين المجردة أو بالمنظار مزدوج العينية تسمح بعمل فرز أولي.

انطلاقاً من ذلك، سنقوم بتوجيه القطع إلى المعالجة السريعة (أو حتى الفورية)، كالقطع المركبة التى تجمع مواد متعددة، والقطع شديدة الهشاشة أو المتكسرة، أو القطع التى يتطور التآكل بها تحت أعيننا ومنها: طبقة التآكل السطحية المنفصلة عن المعدن الصحيح، منطقة التآكل ذات اللون الأخضر الفاتح التي تنمو على سطح البرونز، الحديد الذي ينخلع عند التجفيف، وإجمالاً يسري ذلك على كل القطع التي يبدو - بل يكون فعلاً - الاستقرار فيها معقداً (الباب الخامس).

نتجنب تسليك المواسير والحلقات وثقوب التعليق والتجاويف التي يمكن أن تُظهر روابط متمعدنة بسبب التآكل. العلامات الدالة المثيرة للإهتمام يتم تدوينها على بطاقات تعريف، وكذلك كل تلك التي ليس لها أي مدلول من ناحية المسالية الأثرية للموقع، حتى لا ينشغل المرمم بعد ذلك بظواهر خالية من المعنى (كظهور عشب حديث أو سِناج في طبقة حريق، إلخ...).

التجفيف

البرونز وسبائك النحاس

تزال الأتربة من البرونز الجاف بدون إعادة ترطيب. يمكن للتجفيف أن يتم في حمام كحول أو أسيتون ويجب تغيير المحلول بصفة دورية، لأن الماء المُحتوى داخل القطع يُعتبر وكأنه إضافة للمحلول. توضع القطع مع بياناتها داخل كيس من البولى إيثيلين.

الحديد

تمضي القطع مدة طويلة لكي تجف. العناصر التي انفصلت يتم لصقها فورياً (لاصق Uhu). يتم التخزين بنفس الطريقة المتبعة للبرونز.

بالنسبة للقطع ذات الأبعاد الكبيرة أوالكتل الضخمة، فإنه لا يكون من الممكن مراقبتها والحفاظ عليها لفترات طويلة في وسط غير رطب (منزوع المياه)، ولذا يجب وضعهم داخل أوعية غير محكمة الغلق في أماكن جافة ومجهزة بالتدفئة ونأخذ في حسابنا إجراء معالجات استقرار لهم (الباب الخامس).

الرصاص والقصدير

الرصاص والقصدير غالباً ما يبدوا في مظهر رمادى-أبيض نتيجة للتآكل، وتكون القطع طرية وقابلة للتشكيل، يستوجب علينا إذاً تحاشى أية تعاملات لا داعي لها. انبعاث الأبخرة القادمة من المواد العضوية يمكن أن يتسبب في تآكل قاس. سنقتصر في تغليف تلك القطع إذاً على إستعمال علب أو أكياس من البولى إيثيلين. سيتم التخزين في علب البولى إيثيلين بنفس الطريقة التي أوردناها بالنسبة للقطع البرونزية.

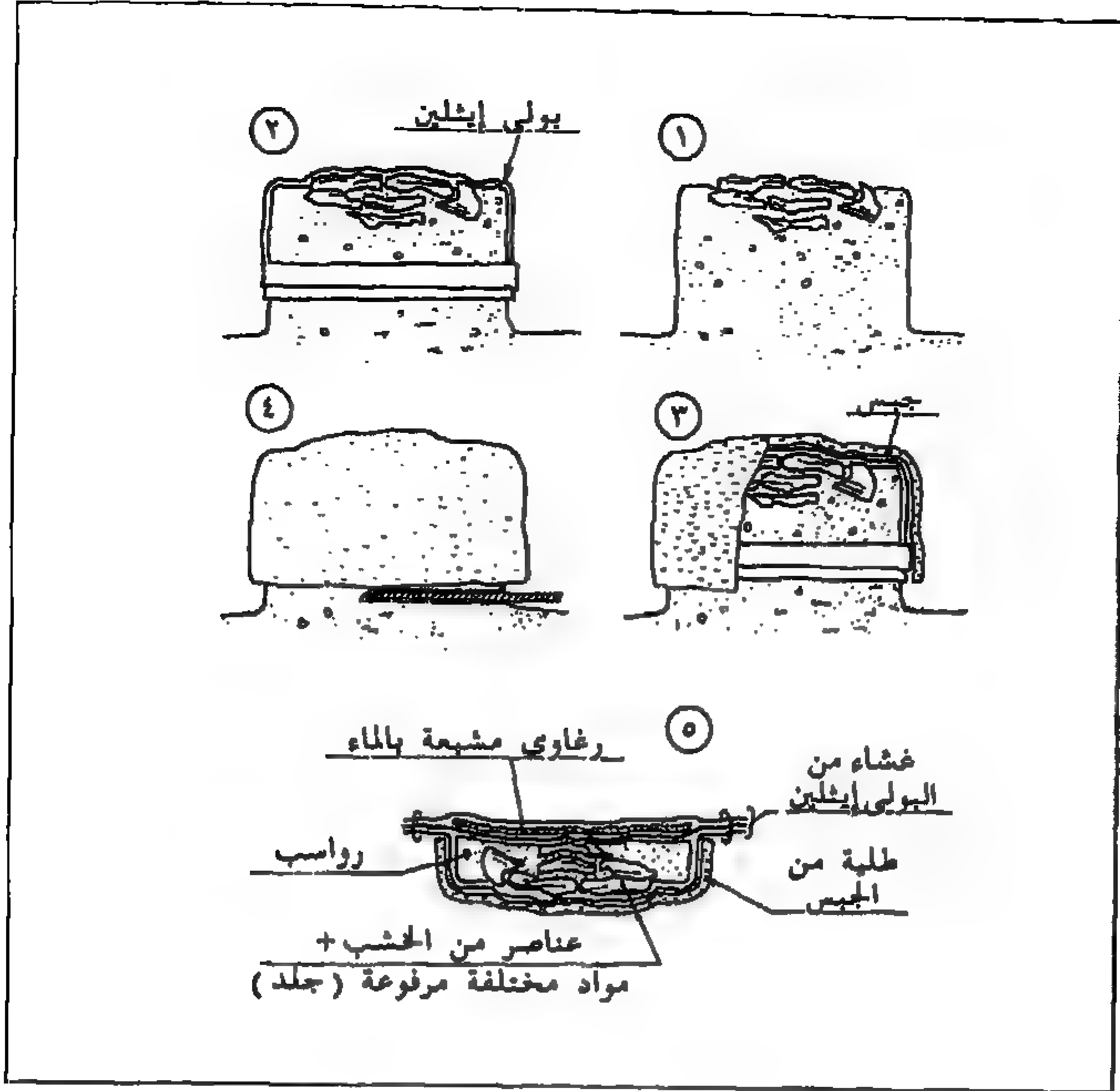
الخشب

أغلب الخشب الوارد من عمليات التنقيب يكون من حقول حفريات عديدة نجد فيها أدوات وأواني مائدة، ألواح، أعواد شجر وأغصان خشبية بكميات صغرت أو كبرت. نبحث دائما على الحفاظ على أشكالها وأسطحها وآثار التقطيع وعلامات الأدوات والحت الذي تحمله، وكذلك الأبنية الداخلية التي تمكننا من التعرف على أنواعها وعمل تأريخ لها باستخدام علم تأريخ الأشجار dendrochronologie، إلخ...

كل تلك الأخشاب، يكون قد أصابها تدهور قاس في التربة تبعاً لعمليات معقدة (انظر الباب الرابع) وتكون الحالة التي تصلنا عليها متزعزة. يسبب لها التجفيف، حتى لو كان سطحياً، نقصان في الحجم وتشكلات لارجوعية، فتصبح الأسطح هشة ويصيبها التغيير بالإحتكاك، وهي تتشكل بالضغط وتتشقق بسهولة.

العناصر شديدة التجزؤ أو تلك المركبة (حديد + خشب على سبيل المثال) يمكن أن تُرفع بواسطة الأربطة المشبعة بالجبس (شكل ٤). من بداية الأمر نقوم بعزل الشكل الكلي للقطعة الأثرية بواسطة غشاء من البولي إيثيلين بحيث لا نجعلها تلامس الجبس وبذلك نتجنب صعود المياه من الخشب إلى الجبس بالخاصية الشعرية مما قد يمنع شكه.

عند انفصال الشكل الكلي عن التربة المحتوية لتلك الطلية فإننا نغطي الوجه السفلي المقابل للأرض بغشاء من البولي إيثيلين يكون مرتبط بالغشاء السابق. ثم نضع القطعة في مكان رطب ومظلم. كمثل الحال مع كل القطع المرفوعة من هذا النوع، فإنها يجب أن تعالج بشكل سريع.



شكل٤. رفع شكل كلي متجزئ أو مركب.

النسيج

لا يخفى علينا مدى اهتمام الآثاريون بكل ما هو معقود ومضفر ومنسوج بواسطة الإنسان. سنتمكن من القيام بالرفع بشكل أفضل عن طريق القيام بمشروع للدراسة المسهبة لتلك المستندات لمعرفة: مصدر الألياف وطبيعة معالجاتها وأسلوب النسج، وطبيعة الصبغات، وتراص طبقات النسيج، إلخ... قد بينت دراسات حديثة مدى الاستفادة التي يمكن أن نحصل عليها من تلك الخطوة (Masurel, 1987; Hundt, 1987).

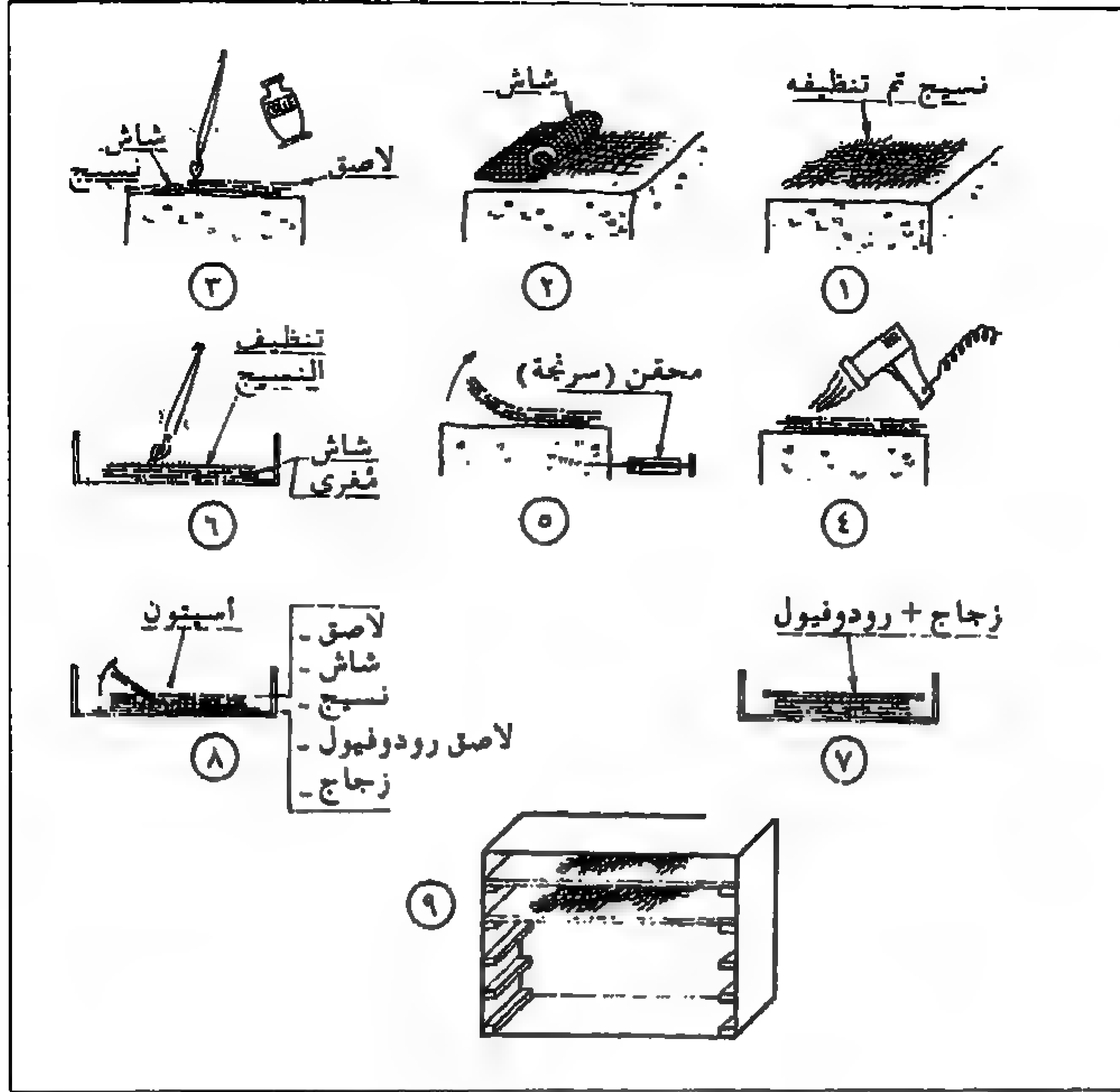
الآثار من ذلك النوع لا تكون نادرة الوجود. ونحن نقابلها في التربة التي لها قدرة على حفظ المواد العضوية (مثلاً حفرة دفن أو أماكن تخزين النفايات)، قد تكون تلك التربة متشربة بالماء أو في صورة متمعدنة أو غير مسترطبة (الباب الرابع). يعد اكتشاف قطع ذات مقاسات كبيرة أو

مجموعات كاملة، من الأشياء غير المعتادة وعند حدوث ذلك فالأمر يستحق منا في جميع الحالات أن نعهد بتلك القطع لمتخصص (وفي الحالة المُثلى، يكون المتخصص هو نفسه القائم بعمل الدراسة).

عناصر النسيج تبدو دائماً على دعامة من الخشب (تابوت)، أو من العظم (هيكل عظمي)، أو من المعدن (أواني جنائزية، خزانة). وعلى أية حال فإن تلك الإطارات الأصلية بما فيها التربة، تكون هي أفضل سناد ممكن للنسيج الذي يكون بطبيعة الحال ضعيف التماسك، وهش وقابل للكسر. إن فترة التنقيب هي الوقت الملائم لملاحظة ووصف تلك الآثار التي غالباً ما تكون أسهل في الاستقراء قبل تعرضها للاضطرابات التي لا مفر من حدوثها عند الرفع ، والنقل وإجراء التعاملات، إلخ...

سنقوم بتنظيف القطعة، إذا سمح تماسك التربة بذلك، بواسطة فرشاة رسم رفيعة للتخلص من الرسوبيات ضعيفة الالتصاق وتحقيق أفضل تسجيل ممكن للقطعة وهى في ذات مكانها.

النسيج المشترك مع مواد أخرى يتم بالطبع رفعه في نفس وقت رفع تلك المواد ويوضع على لوح صلب بشكل كافي (غير قابل للتشكل). الرفع في حالة عدم وجود رسوبيات يتم عمله بالزلق بقوة، تحت النسيج وبالقرب منه، لشريحة رقيقة (قاطعة) وصلبة من البلاستيك أو المعدن. ولكن لا يجب التهوين من خطر قطع طبقات النسيج التحتية. وتلك الطريقة تكون بسيطة ومرضية. الطريقة التالية تكون معقدة، وهي خاصة بالمشتغلين ذوي الخبرة لأن غلطة واحدة في مرحلة من مراحل التشغيل تؤدى إلى تدمير مؤكد أكثر بكثير مما قد يكون مصاحباً للطرق البسيطة. يجب في جميع الحالات، التأكد من موافقة الأشخاص الموكل إليهم إجراء الدراسة والترميم على ذلك. والفكرة تتضمن نقل النسيج من سناده الأصلي (التربة) إلى سناد مستقر وصلب (شريحة زجاجية) عن طريق سناد وسيط من الشاش الملصوق فوق بعضه (شكل ٥).



شكل ٥. نقل النسيج على شريحة زجاجية.

نضع رابط من الشاش القطني على مجمل العينة المراد رفعها والتي يُظهر سطحها المنُظف بشكل تام كل ليفة به، نفرد على الشاش لاصق ڤينيلي قليل التركيز في الهواء الطلق بواسطة فرشاة رسم. يجب أن يتشرب اللاصق تماماً في كامل السطح، ويتبع كل تضاريسه ويجب أن تكون كل ألياف النسيج الأثري في تلاصق سطحي معه (بدون جعل الألياف تتشرب به). يُجفف السطح المشبع باللاصق بشكل سريع ولكن تام بواسطة مُجفف الشعر (سشوار). يجب أن يتحول اللاصق الأبيض إلى نصف مُنفذ على كامل سمكه. عند تلك المرحلة، إذا لم تكن الدعامة رطبة بما فيه الكفاية، فإننا نرطبها حتى لا تلتصق التربة بالنسيج عندما نقوم بالنفاذ تحت الجزء المراد رفعه.

نقوم إذاً بنزع الشاش برقة، آخذاً معه النسيج الملتصق به. ونضع الجزء المرفوع في إناء من ناحية الشاش وبهذا يصبح ظهر النسيج واضح لنا. يتم تنظيف ظهر النسيج بفرشاة رسم أو بالماء على حسب حالته. يتم دهن

دهن ذلك السطح بلاصق كحول بولي ڤينيلي – رودوڤيول – Rhodoviol بتركيز ٦٪. ثم نضع شريحة من الزجاج على السطح الموضوع عليه اللاصق حديثاً.

يجد النسيج نفسه إذاً كما لو كان في شطيرة (ساندويتش) بين الشاش والزجاج. المرحلة الأخيرة تتضمن نزع الشاش واللاصق الڤينيلي، ويمكن أن يتم ذلك في حمام من الأسيتون (يكون الرودوڤيول قابل للذوبان في الماء، وليس الأسيتون). بعد تثبيت النسيج على لوح من الزجاج فإنه يكون قابلاً للدراسة على كلا وجهيه، وقابلاً للعرض والتخزين. بعد خروج النسيج من حمام الأسيتون، يتم إزالة الماء منه. ويكون من الواجب إذاً تخزينه في مكان جاف وبارد.

الجلد

الجلد هو مادة يصعب التعرف عليها في التربة: فهو يبدو ككتلة داكنة ليس لها شكل واضح.

بالنظر عن قرب، فإنه يتضح لنا الشعيرات الصغيرة، والألياف المتشابكة التي تبدو وكأنها منفلتة من كتلة مدمجة: وهي تمثل ألياف الجلد (الباب الخامس).

يحمل الجلد أحياناً آثار خياطة (بقايا خيوط)، وصبغة أو حتى نقش. يكون من الضروري تجنب أي تعاملات غير ضرورية حتى نحافظ على الأسطح والأشكال.

الجلود المحملة بالماء سيتم وضعها وتخزينها في أكياس من البولي إيثيلين المملؤة بالماء، وتكون مزدوجة حتى نضمن عدم النفاذية. تلك الأكياس يجب وضعها في غرف مظلمة وباردة أو في ثلاجة (براد) (وفي درجة من ٥ إلى ٦ درجة سلسيوز) حتى نتجنب نمو الكائنات المِكروية. سيتم حفظ الجلود الجافة وحدها في الحالة الجافة.

الليجنيت

أسماء متعددة أطلقت على تلك الصخور الكربونية (الطرية ذات البناء الورقي) واللون الأسود المتدرج إلى الأسمر: الشيست chiste، الشيست بالقار، الفحم الوقاد sapropelite، السبج jais, jayet، وأخيراً الليجنيت lignite (Chevillot, 1976). تلك المادة قد تم استغلالها في عمل العديد من القطع ذات المقاس الصغير وبالأخص للزينة (حبة خرز، دلاية قرط، سوار، سبحة). يمكن تفسير قِلة تمثيلها ضمن المجموعات المتحفية نتيجة لصعوبة حفظها ومظهرها المتواضع عند تدهورها. الليجنيت هو من المواد الناتجة عن تحفر النباتات التي تجاوزت نطاق الطرب (فحم نباتي) fossilisation de végétaux ولكنها لم تصل بعد إلى الفحم الحجري houille. وهو ينتج من تحول النباتات الأرضية القديمة.

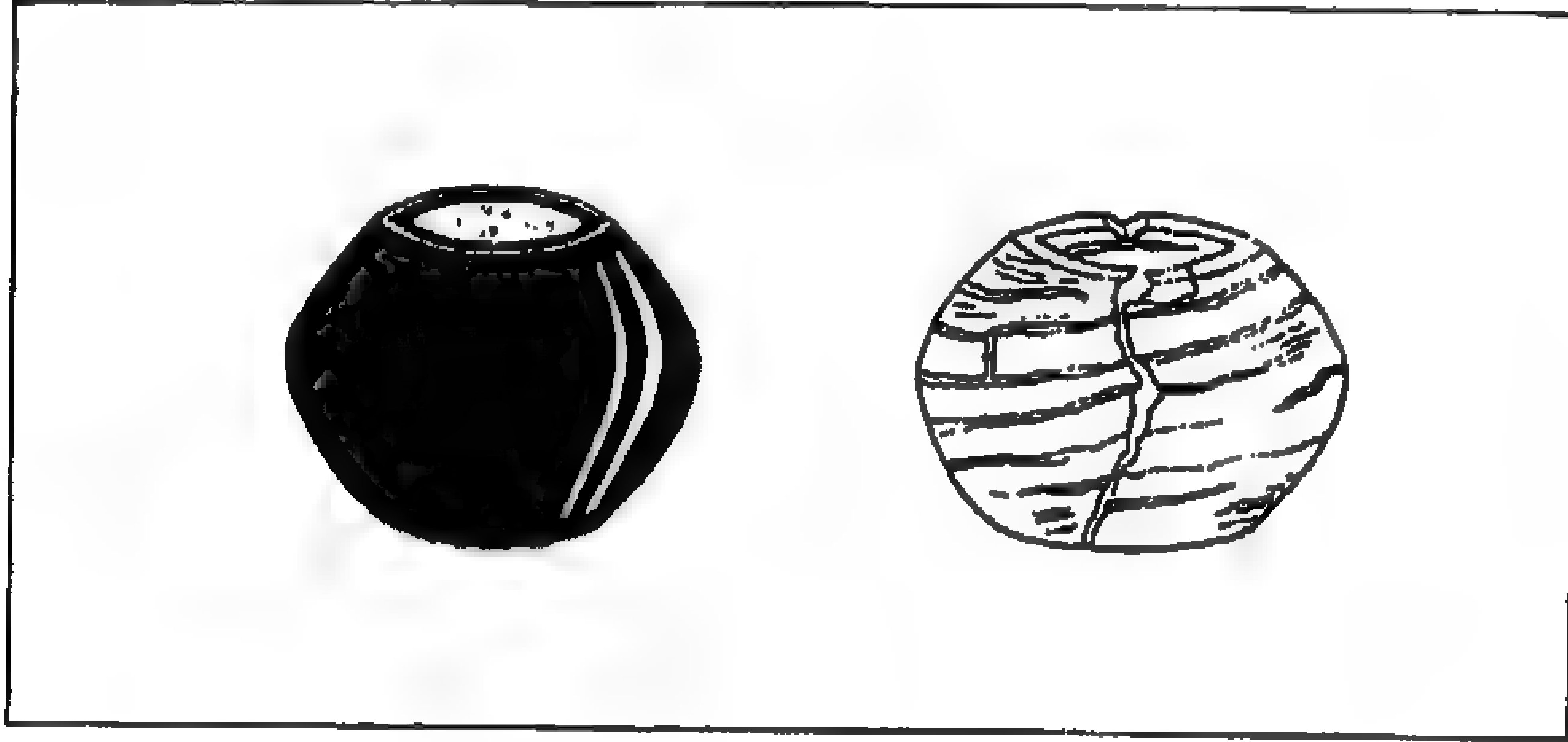
بقايا النباتات الميتة غالباً ما تُدمر في الهواء ولكنها تسود (لونها يتحول إلى السواد) تحت الماء بفعل الكائنات المِكروية. التغيرات التي تتعرض لها أثناء التحفر تعمل أساساً على إغنائها بالكربون على حساب المكونات الأخرى (ومن هنا نشأ مبدأ الكربنة carbonification). يوجد حوالي ٥٠٪ كربون في الخشب، من ٥٠ إلى ٥٨٪ في الطرب، من ٥٥ إلى ٧٥٪ في الليجنيت، من ٧٤٪ إلى ٩٠٪ في الفحم الحجرى، ونصل نظرياً إلى ١٠٠٪ في الجرافيت، وهو نهاية المطاف في التطور.

يمكن أن نصنف الليجنيت إلى صنفين أساسيين:

- اللجينيت الأسود، ذو لون داكن منتظم ولا تظهر به آثار لتكون الطبقات stratification. الأدوات من اللجينيت - وبشكل أكبر نفايات التصنيع - يخلط بسهولة بينها وبين الفحم النباتي. ولكن الصلابة المرتفعة نسبياً وشكل الكسور القاطعة وغياب البناء الداخلي المنتظم، تسمح بالتعرف على كون تلك الأدوات من الليجنيت وذلك في نفس موقع الحفريات؛

- اللجينيت الأسمر والأسمر الفاتح أو السبيدج seplas هو من اللجينيت الأقل تطورا على مستوى الكربنة. يكون له في بعض الأحيان مظهر ليفي ويظهر فيه بناء ألياف الليجنيت واضحاً للعيان. ويكون أقل كثافة من الليجنيت الأسود وقد يُخلط أحياناً فيما بينهما وبين الخشب.

النوعان الأول والثاني يجلبا مشاكل حفظ قاسية. يحتوي الليجنيت على من ١٠ إلى ٣٠٪ ماء. من بداية أول تجفيف له أو بمعنى آخر من بداية الكشف عنه، يوجد احتمال قوي لبدء شبكة من التشققات به بشكل عنيف، مما قد يؤثر على القطعة في كتلتها وليس فقط على سطحها (شكل ٦).



شكل ٦. تشقق سوار من الليجنيت.

الخطوات الواجب إتباعها لحفظ اللجينيت في حقل الحفريات هي نفسها المتبعة لجميع المواد التي لا تحتمل التعرض لأدنى تجفيف. في خطوة أولى، يجب التعرف على المادة بشكل لحظي (مما يعني أن المادة يجب أن تكون معروفةً لنا و/ أو تكون محل بحث).

الكشف تحت خيط رفيع من الماء أو تحت مُضبب (جهاز لعمل رذاذ من الماء) brumlsateur يمكن أن يعطينا نتائج ممتازة على حسب الرسوبيات والطبقات التحتية الموجودة. بعد الكشف عن القطعة فإنها توضع مباشرةً في إناء به ماء. إذا تم التعرف على القطعة على أنها من الليجنيت، بعد تعرضها للجفاف التام عن طريق الخطأ، فإنه يكون من غير اللازم بل ومن المضر إعادة ترطيبها وعلى العكس من ذلك إذا لم تتعرض القطعة لأي نزع

جزئي للمياه منها، فإنه يجب إيقاف عملية التبخر بوضعها في وسط ذو رطوبة ١٠٠٪. يكون التدعيم بدون داع إذا تم الكشف عن الليجنيت ورفعها بشكل سريع.

يكون سلوك اللجينيت عند تعرضه للمذيبات والمحاليل المُدعمة معقداً جداً (انتفاخ، هشاشة، صعوبة في التشرب) ويبقى تدعيمه من شأن أهل الإختصاص فقط.

الفحم الخشبي

تؤول النباتات المكربنة إلى كربون نقي. وعلى الرغم من هشاشتها فإنها تحتفظ بالخصائص الأساسية للفصائل القادمة منها، سواء في تركيبها الداخلي أو على السطح منها (فالبذور تكون لا تزال تحمل عليها القشرة) (صورتان ٧ و٨).

ويمكن في بعض الأحيان التعرف على آثار تقطيع أو تجهيز (نزع القشرة، علامات أدوات، صقل). ولا ينظر للفحم الخشبي على أنه مادة تاريخ فقط أو على أنه يفيد لبيان حالة بعينها، ولذا يمكن لنا قضاء وقت أطول في التفحص الدقيق للأسطح به، عندما يلبي ذلك فائدة أثرية ما.



صورة ٧. خوص من العصور الوسطى. تم الرفع بدون إجراء تدعيم مُسبق (St-Aubin, Toulouse, Haute-Garonne، تنقيب J. Catalo ، تصوير F. Chavigner).



صورة ٨. خوص وحبوب متفحمة من عصر ما قبل التاريخ وجدت في مغارة. تم الرفع عن طريق التغطية بالراتنجات السيليكونية (Le Noyer, Esclauzels, Lot، حفائر J.-P. Giraud، تصوير F. Chavigner).

يكون للفحم، صلابة أكبر في الحالة الجافة عنه في الحالة الرطبة، فيترك ليجف فى الهواء بعد رفعه باحتياط شديد بواسطة فرشاة رسم، ويخزن وهو على حالة شديدة الجفاف، في أغلفة مستقلة «لفائف» papillotes من رقائق الألومنيوم التي تجنبه أى إحتكاك وتقلل من الإجهادات الميكانيكية التي يمكن أن تسحقه.

تلك الأغلفة من الألومنيوم تُجنب تعرض الفحم المخصص لاختبارات التأريخ بالكربون المشع للتلوث في حالة تلامسه مع المواد العضوية (قطن، ورق، إلخ...).

العنبر

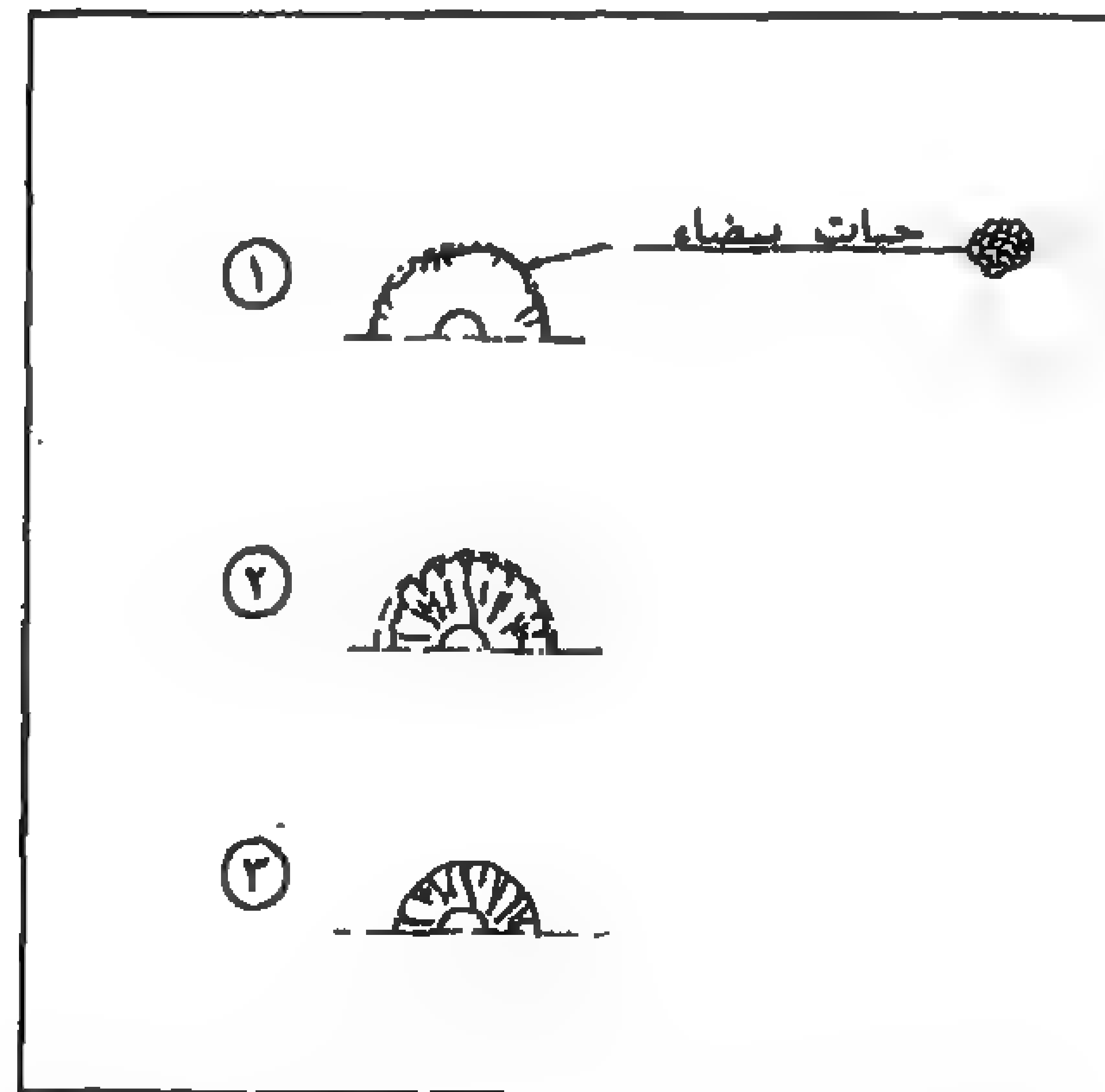
العنبر (الكهرمان) ambre هوراتنج أحفوري (متحفر). العنبر غير المُصنع يبدو عامةً على شكل عُقد غير منتظمة ويكون ليناً نسبيا ونصف منفذ لحد ما. تختلف ألوانه من الأصفر إلى الأسمر. بعد تقطيع وصقل العنبر فإن القطع المُصنعة تصبح في حالة غير مستقرة بعد قضاءها لفترة ما في التربة، وغالبا ما تثير قلقنا أثناء الفترة الحساسة للرفع.

العنبر أو العنبريات؟

كلمة كهرمان أصفر succin تستعمل للدلالة على العنبر الحقيقي «عنبر بلطيقي» الغني بشكل خاص بالحامض الكهرماني acide succinique الذي عن طريقه نفرق فيما بين العنبر البلطيقي والعنبر غير الكهرماني أو «الرتيني» retinique الشائع بكثرة.

بخلاف الحامض الكهرماني الذي تركيزه فيما بين ٣ ، ٨٪، فإن الكهرمان الأصفر يحتوي على المكونات الرئيسية للراتنجات والقار وتكون معادلة الخام له هي $C_{10}H_{16}O$. قد تم تطوير قياس الطيف spectrographie للأشعة فوق الحمراء بواسطة W.-C. Beck، وهي لا تتطلب إلا عينة صغيرة من ٠,٥ إلى ٢ مجم. وقد طبقت على عينات من الكهرمان البلطيقي وظهر أن تلك الطريقة يمكن أن يعتمد عليها لتعيين الكهرمان الأصفر الموجود في أوروبا الشمالية، (ظاهرياً يبدو إن كل العنبر في فترة ما قبل التاريخ كان قادماً من شمال أوروبا (Pétrequin *et al.*, 1986). يبدو أن التغيير الحاصل للعنبر يكون ناتجاً عن الخصائص المتغيرة للمعدن: صلابة، تجانس، كثافة، مقاس (وهي خصائص لا تكون بالضرورة مرتبطة بالخواص الضوئية)، بنفس القدر يكون ذلك التغيير ناتج عن ظروف الدفن: كل حبة من حبات عُقد مُكتشف في التربة يمكن أن تكون في حالة مختلفة عن الأخرى. يكون سطح القطع المكتشفة غالبا غير منفذ للضوء، وذو لون أصفر فاتح جداً، وحبيبي الملمس بشكل بسيط. نلاحظ أنه على أي كسر يحتمل وجوده لا

يصيب التغيير القطعة إلا في عمق ضعيف منها. تلك الأكسدة تكون قد تمت في داخل التربة، وسيستمر عملها فى الهواء. نلاحظ أيضاً، نمو تشققات تحت ذلك السطح في بناء يضيق كلما إتجهنا إلى المركز. لا نتبين تلك الشقوق على قطعة غير محطمة، فهي لا تظهر إلا وقت الكسر الذى غالباً ما يكون لاحق لرفع القطعة بعد تخزينها والتعامل معها (شكل ٧). يكون تكون الشقوق راجع للتجفيف المرتبط بشكل مباشر بخروج القطعة إلى الوسط الجوي الأكثر جفافاً من وسط الدفن. تكون هذه الظاهرة شبه لحظية، ويذكرنا هذا بما لاحظناه على الليجنيت. والأمر يتعلق هنا بكبح أي تبخير عنيف منذ بداية الكشف عن القطعة. وللوصول إلى ذلك يجب علينا بعد الرفع السريع، القيام بتغليف القطعة بشكل وثيق في غشاء من البولي إيثيلين القابل للمط. يجب وضع القطعة في وعاء مُحكم الغلق ذو مقاس صغير (زجاجات تكون القطعة فيها مرئية للعيان)، نقوم فيه بوضع مادة رغوية نظيفة ورطبة وفوقها قطعة من البلاستيك ذو الفقاقيع. ثم تخزن الزجاجات في جو بارد، غير معرض للضوء.



شكل ٧. مظاهر مختلفة من تغيير العنبر (ثلاث حبات في منظر مقطعي).

في حالات أخرى، يكون بناء شبكة الشقوق ظاهراً على السطح الداكن للقطعة، ويبدو وكأنه متكون من حبيبات بدون ترابط جاهزة للإنخلاع، وتكون القطعة قد تأكسدت بشكل أكبر في التربة عن الحالة السابقة. يجب العمل على أخذ عينات لتحليلها (من ٠,٥ إلى ٢ مجم) قبل إجراء التدعيم، ثم محاولة إجراء تدعيم حساس وذلك عن طريق وضع لمسات صغيرة بواسطة فرشاة رسم لكميات ضعيفة من البرالويد بتركيز من ١٥ إلى ٢٠٪.

لا يجب جعل القطعة تتشرب حتى القلب بالمذيب. وتكون تلك الطريقة أحياناً الوسيلة الوحيدة لرفع قطعة شبه متذرية من التربة (إذا قمنا بتشريب البنية بمحلول ضعيف التركيز فإنها تنتفخ، وتتحلل وتنهار عند التبخر). في حالة عدم النجاح، فإننا نقوم بصب جبس أو سيلكون في العلامات التي تركها الجسم في التربة، ثم نقوم بلصق الكسور من أجل إجراء دراسة ما أو العمل على عدم فقد الكسور أو لضمان تماسك القطعة.

يجب أن نعلم، أنه حتى مع استخدام لواصق رجوعية من النوع: «الصالح لكل الأغراض» universelles الموجود في الأسواق (من نوع Uhu، Seccotine، إلخ...)، فإن اللصق يصبح من هذا المنطلق نهائياً.

المحار والقواقع

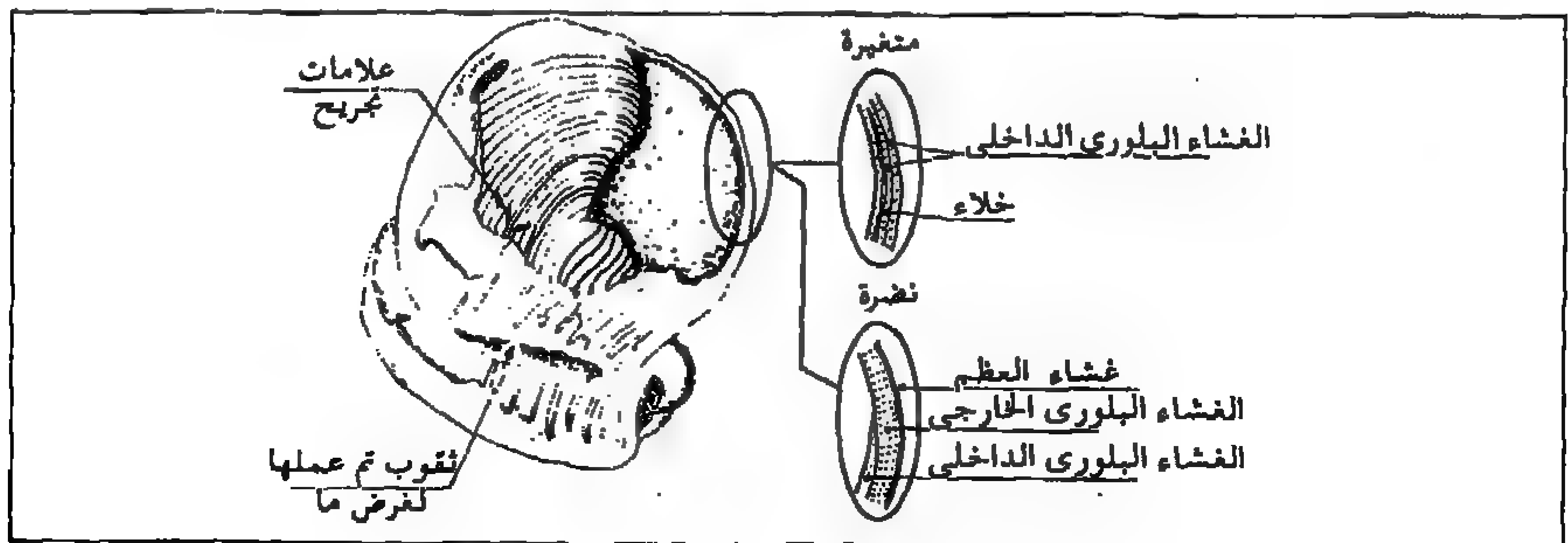
يتم دراسة المحار coquillages والقواقع coquilles، في المواقع الأكثر قدماً، كمؤشر على المناخ الذي كان سائداً في تلك الفترات عن طريق التعرف على الأنواع وما تُلحق بها من فترات، أو كموشر زمني بالتحليل: قياس إشعاع الكربون ١٤، C14، أو المراسمة (إزالة الفاعلية البصرية) للأحماض الأمينية racémisation des acides aminés، أو قياس إشعاع المواد الناتجة عن تحول اليورانيوم (Cattalioti-Valdina, 1985). يُعتبر المحار والقواقع من الشواهد الثقافية عن علاقة الإنسان بالوسط المحيط به كمثل الحالات الآتية: زينة (Taborin, 1974)، فضلات منزلية (أكوام من القواقع الصغيرة من العصر

الميزوليتي (الحجري الأوسط) mésolitique، محار (جندوفلي) huître وبلح البحر moule من بداية العصر النيوليتي (الحجرى الأخير) néolithique (...)، أو أدوات.

كربونات الكالسيوم carbonate de calcium ($CaCO_3$)، هو المكون الأساسي للمحار. الذي يُبنى بواسطة الغلاف الخارجي manteau للرخويات. القواقع والأصداف تنمو بفضل نشاط حواف الغلاف الخارجي المفرز طبقات جديدة من المواد المتكلسة. أما فيما يتعلق بالنمو من ناحية السمك، فإنه ينتج عن نشاط الوجه الداخلي للغلاف.

الوجه الخارجي للقواقع يكون مغطى بكامله بنوع من الدهان اللامع (قرنيه) الواقي، ويكون شديد المقاومة في الحالة النضرة ويطلق عليه غشاء العظم «بيري أوستراكوم» (سمحاق) *periostracum*، فبدءاً من الغشاء الخارجي وفي إتجاه الوجه الداخلي للصدفة نلاقي الغشاء البلوري الخارجي «أوستراكوم» *ostracum*، ثم الغشاء البلوري الداخلي «إيبوأوستراكوم» *hypostracum*، الذى يكون عبارة عن صدف أو مادة خزفية (Franc, 1985).

تتبلور كربونات الكالسيوم لهذه الطبقات في صورة أراجونيت aragonite ناتج عن نسيج matrice يحيط بتلك الطبقات كالغلاف. يصيب المحار تغييرات وهو في التربة عن طريق عملية مماثلة لتلك التي تجري للعظم: وذلك بتميؤ الجزء العضوي الذي يحتوى عليه في الحالة النضرة. الطبقات التي سبق ذكرها تجد نفسها وقد أُلغي «النسيج العضوي» فيها فتتفكك، مما يعطي المحار هذا المظهر الورقي بعد الدفن (شكل ٨).



شكل ٨. التغيير الحاصل في محارة مثقوبة.

غشاء العظم «بيرياوستراكوم» (سمحاق) هو أكثر الأسطح غنى في نسبة المواد العضوية وأكثر جزء ملون (في بعض الأحيان يكون الجزء الوحيد الملون)، هذا الجزء يختفي بشكل شبه دائم، وهو يمثل السطح الأصلي للقطعة. إذا أردنا عمل نظرية من أجل تصنيف المحار من حيث اللون فلن نتمكن من ذلك إلا بالرجوع إلى المحار في حالته النضرة (الطازجة). آثار القطع والتشكيل والحت التي تصيب الغشاء البلوري الخارجي «أوستراكوم» تظل باقية على الأسطح جيدة الحفظ.

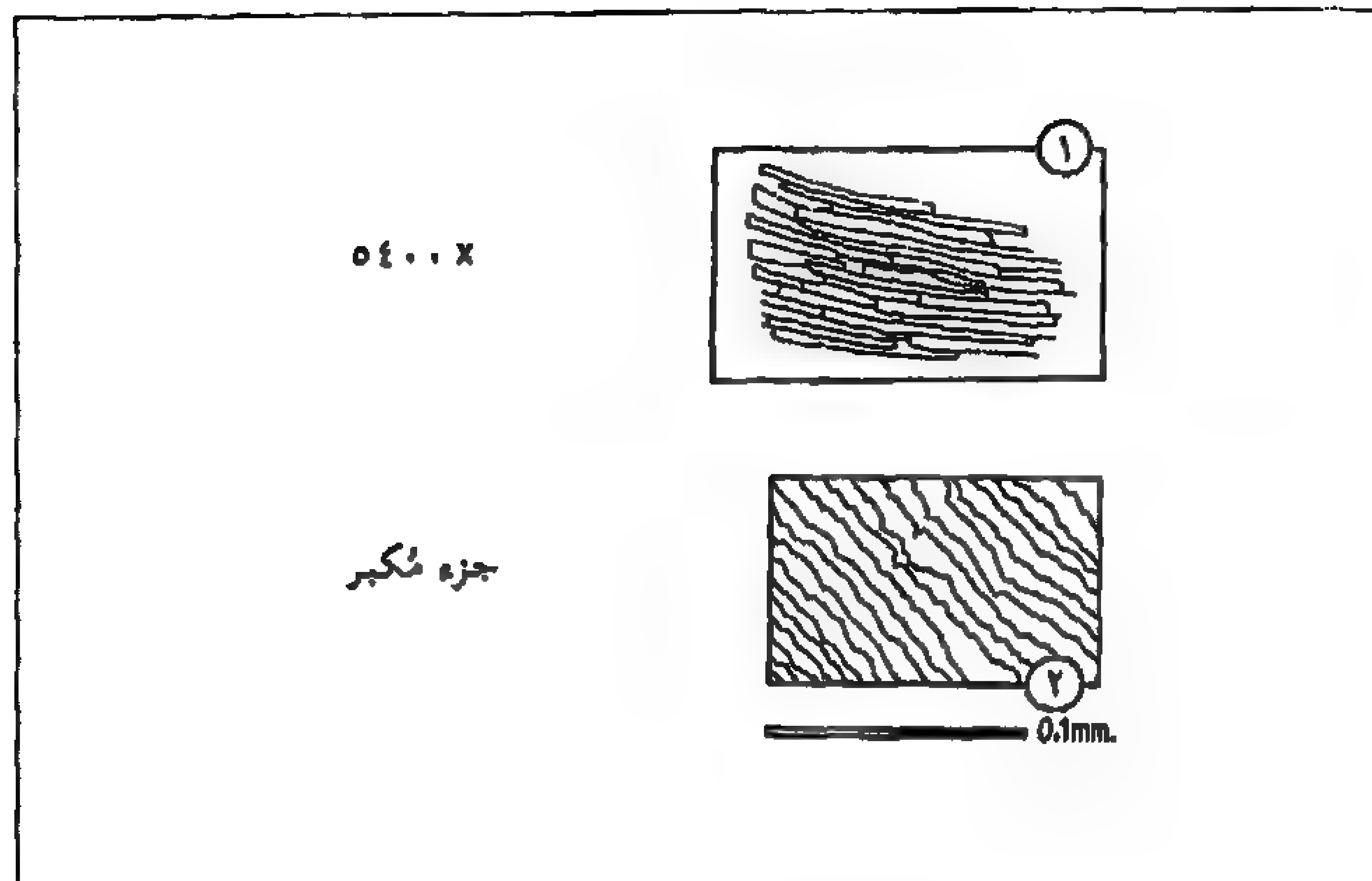
أما وقد ضعفت بنيتها، وأصبحت حساسة بشكل فائق لأي تجريح، فقد يستلزم الأمر التدعيم قبل رفع المحار. في التربة ضعيفة الرطوبة سنستخدم البريمال Primal WS24 بنسبة (١ حجم إلى ١٥ حجم) في الماء، على المحار الجاف نستخدم البرالويد Paraloïd B72 بتركيز ٥٪. يجب تخزين المحار بشكل لا يُحدث ضغط عليه، فيما بين طبقتين من البلاستيك ذو الفقاقيع داخل علب من البلاستيك، وذلك بعد تبخر الماء أو المذيبات منه.

اللؤلؤ

احتمال اكتشاف اللؤلؤ perles الدقيق الكائن في معزل وسط حقل الحفريات (سواء كان قادماً من وسط بحري أو بحيري) يكون ضعيفاً وذلك راجع لأسباب واضحة من حيث الندرة وصغر الأبعاد، غير أن التقزح irisation الذي يميزه لا يقاوم جيداً البقاء لمدة طويلة في الأرض. وعلى أثر تحوله إلى حبات هشة ومعتمة، فإنه يتم الخلط بينه وبين أي حصوة من نفس المقاس. وقد نعثر عليه بسهولة أكبر عندما يكون مُستخدماً في الترصيع كحجر كريم أو على هيئة عقد، أو قرط (في الكنوز الجالورومانية مثلاً).

اللآلئ هي إفرازات كلسية (جيرية)، يكون اللؤلؤ الدقيق مكون من طبقات لؤلؤية متحدة المركز تمتد حتى المركز الذي يوجد به الجسم الغريب الذي تسبب أصلاً في وجود اللؤلؤ (شكل ٩). الطبقات اللؤلؤية هي

مجموعة من بلورات الأراجونيت $CaCO_3$ aragonite مُرتبة بحيث تكون البلورات ذات إتجاهات متوازية épitaxie في قلب راتنج من المواد العضوية الچيلاتينية (المواد المحارية) conchyoline، التي تشكل المواد المسمنتة اللازمة للبناء (Poirot, 1987).



شكل ٩. تركيب الطبقة اللؤلؤية.

الأراجونيت هو مثل الكالسيت نوع من كربونات الكالسيوم. الاختلاف فيما بينهما لا يكمن في تركيبهما الكيميائي، ولكن في كونهما يتبلوران في نُسق بلورية مختلفة. يختلف تركيب الطبقات اللؤلؤية عن تلك الخاصة بالصدف بنسبة ما تحتويه من مادة محارية conchyoline، وقيمتها تكون أعلى في اللؤلؤ. هذا التركيب وذلك النسيج يفسران خاصية اللؤلؤ في الحالة النضرة وهي: مقاومة جيدة للسحق، مقاومة ضعيفة للتجريح، هشاشة عند التعرض للتجفيف والأحماض وغاز ثاني أكسيد الكربون.

عملية تدهور اللؤلؤ في التربة هي نفسها التي تجري لخامات عضوية أخرى، وتزيد عنها حسب ظروف الوسط المحيط (سريان ماء محمل بثاني أكسيد الكربون CO_2، أورقم الـ pH للتربة) بالتميؤ الجزئي أوالكلي للنسبة العضوية التي هي عبارة عن المادة المحارية conchyoline بعد تدمير المادة «الأسمنتية» فإن الأجزاء المعدنية تجد نفسها وقد عُزلت. ويمكن للتركيب

الكلي الذي أصبح الآن مسامياً وقابلاً للتفتت، أن يتعرض للتحلل بشكل قاسي لحد ما (مثل أي عنصر جيري في وسط معادي).

يكون من المحتمل، بعد مرحلة من التحلل، أن يتعرض الأراجونيت القليل الاستقرار للتمعدن من جديد تحت ظروف معينة ليصبح ذو شكل بلوري أكثر استقرارا، وهو الكالسيت calcite. تلك الظاهرة تم وصفها بالنسبة للعظم الأحفوري، وينتج عنها فى حالة اللؤلؤ الفقدان اللارجوعي للتقزح (لمعان السطح).

للحصول على غسل وشطف وتدعيم للؤلؤ فى آن واحد، فإننا نستعمل الماء المنزوع التمعدن المضاف إليه البريمال Primal WS24 والمذاب في نسبة ٢٥ مرة بالحجم من الماء. نزيل التربة من على القطعة بفرشاة الرسم، لتستقر الرسوبيات في قاع الإناء ويكون من المفيد تجديد الحمام، ثم تترك القطعة لتجف ببطء. عند تلك المرحلة، يستوجب علينا حمل القطع والذهاب بها إلى المتخصصين.

الباب الثالث

الخــــــــزف الأثــــري

ماري برديكو

يكون وجود الخزف céramique في حد ذاته أو غيابه، علامة أساسية لتعريف الحضارات محل الدراسة الأثرية. من هذا المنظور، يمكننا أن نصنف تلك الحضارات إلى: «لا خزفية» acéramique وهي حضارة تجهل إستخدام الخزف، و«بدائية الخزفية» protocéramique وفيها يظهر الخزف كإنتاج ضئيل ضمن مجمل الأمتعة الأثرية ويكون غالباً غير متقن وأحياناً بدون تطورات لاحقة، وأخيراً «حضارة خزفية» civilisation céramique ويكون هذا عندما تتواجد المادة في الأمتعة اليومية بشكل نعتبرها فيه من المكتسبات التقنية المستديمة.

يتراءى لنا أن الخزف يكون هو المادة المستخدمة في الكثير من المنتجات التي غالباً ما نجدها بكميات وفيرة عند التنقيب الأثري، مثل: أدوات المائدة، القطع المعمارية (قرميد، قوالب طوب، مجاري مائية، عناصر زخرفية، إلخ...)، التماثيل الصغيرة، النقش السفلي البارز bas-reliefs، المنمنمات، التصميمات «النماذج» لقطع تم عملها من مواد أخرى وكذلك لعب الأطفال....، ولايزال علم الآثار يمنحنا بالمصادفة البحتة العديد والعديد من المنتجات الخزفية الأخرى.

ليس من المُستغرب إذاً، أن يمتلك علم الخزف اليوم تقاليد قديمة ويحظى بعدد كبير من الأعمال المرجعية، وتكون اللغة الوصفية له شديدة الغنى ومحل عطاء منتظم لجهود تجميع وتوحيد للمصطلحات (أنظر مثلاً (Gardin, 1976; Yon, 1981; Balfet *et al.*, 1983; Alcamo, 1986.

إن مجموعة تقنيات (تقانات - تكنولوجيات) المراقبة والتحليل والتأريخ المتاح للآثاري تطبيقها على هذه المادة تعد واحدة من أضخم ما يوجد تحت تصرفه، ومما له مغذى جلي ملاحظة أن أحد الكتب الهامة المخصصة لهذا الموضوع وهو من تأليف A.O. Schepard وعنوانه «Ceramics for the Archeologist» قد أُعيد طبعه إحدى عشرة مرة على التوالي منذ عام ١٩٦٥، (Schepard, 1985). تكون الدراسة التصنيفية للمادة الخزفية القادمة من موقع أثري ما بمثابة المفتاح لعملية فهم وتفسير ذلك الموقع interprétation ودراسة تركيب طبقات الأرض به stratigraphie (فالخزف يكون في بعض الشئ هو «الحفرية الرئيسية» fossile directeur لكثير من العلوم الأثرية)، ويكون موضوعاً لكثير من البحوث: كتاريخ التقنيات والدراسة الاجتماعية لهذا الإنتاج، والتصنيف المقارن (زمنياً أو جغرافياً)، وبيان مصدر وكيفية تنقل المواد الأولية والقطع الخزفية وما كانت تحتويه تلك القطع، إلخ...، حتى إن الخزف يكون أحياناً هو الشاهد الوحيد لتقنيات أخرى مندثرة، كانت مرتبطة بمحتوى القطع الخزفية أو الأدوات التي استخدمت في صناعتها أو زخرفتها ويكون الخزف حاملاً لآثار تدل عليها (مثل الأربطة التي ترجع إلى ما قبل التاريخ على الأواني الفخارية)، فبالإستناد إلى تلك العلامات المنطبقة يمكن لنا التعرف على هذه التقنيات ودراستها، (Hurley, 1979).

وهكذا، فإنه بدءاً من الطينة إلى القطعة الخزفية ثم من القطعة وهي في حالة الاستعمال إلى القطعة الأثرية التي تكون قد تبدلت بالدفن، تطرأ العديد من التحولات على القطعة وكلها تدخل في إهتمام علم الآثار لأسباب مختلفة.

من هذا المنطلق الأثري شديد الثراء، يجب عمل تصور لحفظ وترميم الخزف conservation-restauration des céramiques، علماً بأن علم تصنيف الأشكال والزخارف، الذي غالباً ما يُعتبر من الأساسيات، لا يشكل إلا إحدى مظاهر دراسة الحفظ والترميم للخزف. إن أعمال التنظيف وإعادة التركيب التي ترتبط بشكل وثيق بالحفظ والترميم يتم بالفعل القيام بهما دائماً. وقد يثيرون أحياناً مشكلة فنية حقيقية ألا وهي تدعيم القطع شديدة التغيير. فمن حيث كون الترميم مخصصاً لعدد محدود من الحالات

فإنه يقوم بتسهيل الإستقراء وإبراز القيمة الجمالية لبعض القطع عن طريق سد بعض الأجزاء المنقوصة أو حتى عمل وصلات بين الأجزاء تكشف عن ما لها من صفة مجزءة.

أما بالنسبة لوسائل الحفظ على المدى الطويل، التي سنختم بها هذا الباب في تناول مختصر، فإن توافر المادة وعدم تميزها لا يشجع على القيام بهم. مع هذا فإن حفظ الخزف يرجع إلى ما له من قيمة كبيرة كمرجع، ويشير تاريخ علم الآثار جيداً، إلى الدور الذي لعبته المجموعات الخزفية لضمان استمرارية الأبحاث وتجددها معاً، والسماح بتكوين شباب الآثاريين ونشر المعارف المكتسبة لجمهور أكثر إتساعاً.

من الطينة إلى القطعة الخزفية

طينة الچيولوجي و«تربة» الخزّاف

نحن نعني بالخزف المعنى المحدود والدارج للكلمة الذي يشمل: الطينة المحروقة terre cuite، الفخار المتداول poterie commune، الخزف المزخرف faïence، الخزف الحجري grès، الخزف الصيني porcelaine، والتي نحصل عليها كلها عن طريق عجينة يكون تماسكها قبل التسوية في النار وتصلبها بعد تلك التسوية راجعاً أساساً إلى نسبة الطينة (الصلصال) بها.

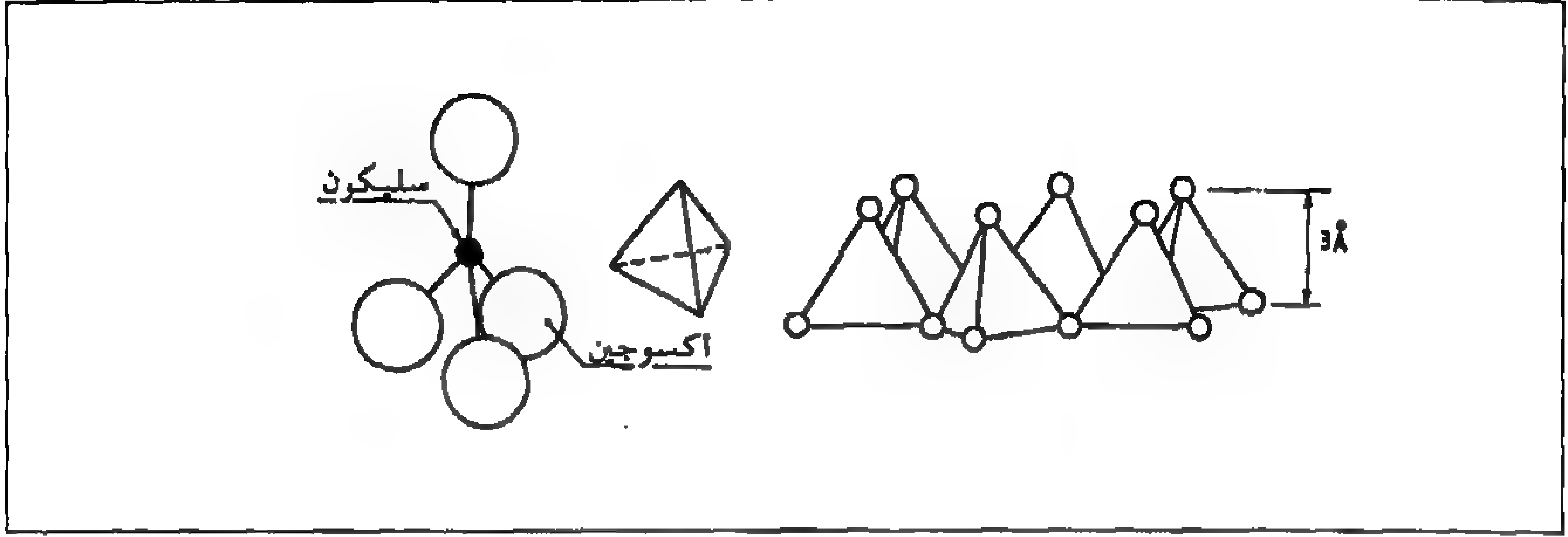
في أزمنة مبكرة جداً تم استخدام خامات minerais أخرى وبالأخص الجير والجبس لصناعة أواني الطعام البيضاء vaisselle blanche «التي عُرفت في الألف السادسة ق. م. في الشرق الأوسط» والتماثيل الصغيرة (مثل تلك التي وجدت في المستويات النيوليتية (العصر الحجري الأخير) Néolithique في أريحا وحديثاً في موقع عين غزال في الأردن. سيتم الإشارة باختصار إلى هذه المواد التي تطرح مشاكل جمة عند حفظها. فضلا عن ذلك فإن المصطلحات المتداولة قد توقعنا في بعض المآزق. فمصطلح خزف مزخرف

faïence فرض نفسه في اللغة الأثرية ليعني بذلك إنتاج مصر والشرق الأوسط القديم، ويكون ناتج عن الخلط غير اللدن لخامات السيليكا والمنصهرات القلوية المتكتلة fondants alcalins agglomérés، من خلال عمليات التسوية في النار بالتزجج الجزئي vitrification partielle. غير أن مصطلح خزف مزخرف faïence يستعمل عامةً للخزفيات (بالمعنى الدارج: الطينة المحروقة) المغطاة بطبقة مصقولة (طبقة لامعة) glaçure (في أغلب الأحيان تحتوي هذه الطبقة اللامعة على القصدير وتكون غير منفذة للضوء)، في حين أن تعبير «خزف رقيق» faïence fine يُعرف بدقة الخزف الأبيض الرقيق المغطى بطبقة لامعة شفافة.

إن الطينة (الطفلة، الصلصال) هي المادة الطبيعية المتوفرة بكثرة والمميزة للطبقات السطحية للقشرة الأرضية. وهي تكون ناتجة عن تدهور الصخور السيليكونية المتكونة في العمق والتي تتغير تحت تأثير المناخ عندما تظهر وتستوي على السطح. وقد تترسب حيث تكونت (طينة إبتدائية) «argile «primaire أو تنجرف وتترسب على مسافة ما (طينة ثانوية) «argile «secondaire. تتكون الطينة من جزيئات ذات أبعاد صغيرة جداً (أقل من ٢ ميكرون) لا تُرى بالعين المجردة ولا بالعدسة أو الميكروسكوب العادي، مما جعل في غير المتناول لزمن طويل دراسة مكوناتها الخاصة وهي ما نسميه: الخامات الطينية.

من وجهة النظر التعدينية (Millot, 1964; Caillere, Hénin, 1963)، فإنه لا يوجد من ضمن أنواع الطينة نوع ما يظهر وكأنه مُتفرد. فالخامات الطينية يكون لها تركيب كيميائي أساسي موحد، عناصره الأساسية هي: السليكون (السيليسيوم)، والألومنيوم والأكسوجين ومجموعات الهيدروكسيل (OH)، ويكون لها كذلك بناء ورقي: فالطينة تعتبر من صخور السيليكا المتراكمة (فيلوسيليكات) المتميئة phyllosilicates hydratés. وكما يوضح إسمها فهي تتكون من وريقات تتضمن هي نفسها طبقات متعددة. يكون بناؤها بشكل تخطيطي جداً كالآتي: تتكون طبقة ما من نسق رباعي الأوجه motifs tétraédriques مكرر بانتظام، تسكن ذرة صغيرة من السليكون في مركز الشكل الرباعي الأوجه tétraèdre الذي تحتل قممه أربعة ذرات أكسوجين، ثلاثة من تلك الذرات تكون مشتركة مع النسق المجاور، وينمو الشكل

البلوري على هذا الشكل. تكون ذرة الأكسوجين الرابعة غير متشبعة (غير مرتبطة) (تكافؤ حر valence libre) مما يجعل من الممكن لها أن ترتبط مع طبقة أخرى من البناء (شكل ١).



شكل ١. طبقة رباعية الذرات للسليكون.

تتكون تلك الطبقة الأخرى من الألومينا alumine. يكون النسق الأولي الثماني الأوجة أكثر تعقيداً. فتكون ذرة الألومنيوم محاطة بست ذرات من الأكسوجين أو مجموعات الهيدروكسيل (OH) وهنا أيضاً لا تكون كلها متشبعة. تقيم ذرات الأكسوجين المشتركة بين الطبقتين روابط وثيقة فيما بينها، يمكن أن يتم ترابط الطبقات الرباعية الأوجة (Te) والثمانية الأوجة (Oc) على حسب طريقتين للإنشاء: طبقتان Te/Oc أو ثلاث طبقات Te/Oc/Te.

وهكذا فإنه مع تمام البناء (شكل ٢) المحتوي على اثنين أو ثلاث طبقات، تكون الوريقة الأولية المميزة لكل مجموعة من الخامات الطينية قد تشكلت: كاولينيت kaolinite، هالويسيت halloysite، مونتموريونيت montmorillonite، إيليت illite، كلوريت chlorite، إلخ...، ترتبط الورقيات فيما بينها بروابط أكثر ضعفاً من تلك الكائنة بين طبقات التكوين لكل منها. يؤدي تراص عدد معين من الوريقات (حتى عدة آلاف) إلى تكوين جسيم particule يختلف بناؤها (وكذلك تسميتها سواء بلورة cristal أو بلورة دقيقة cristallite) على حسب النوع التعديني المأخوذ في الاعتبار

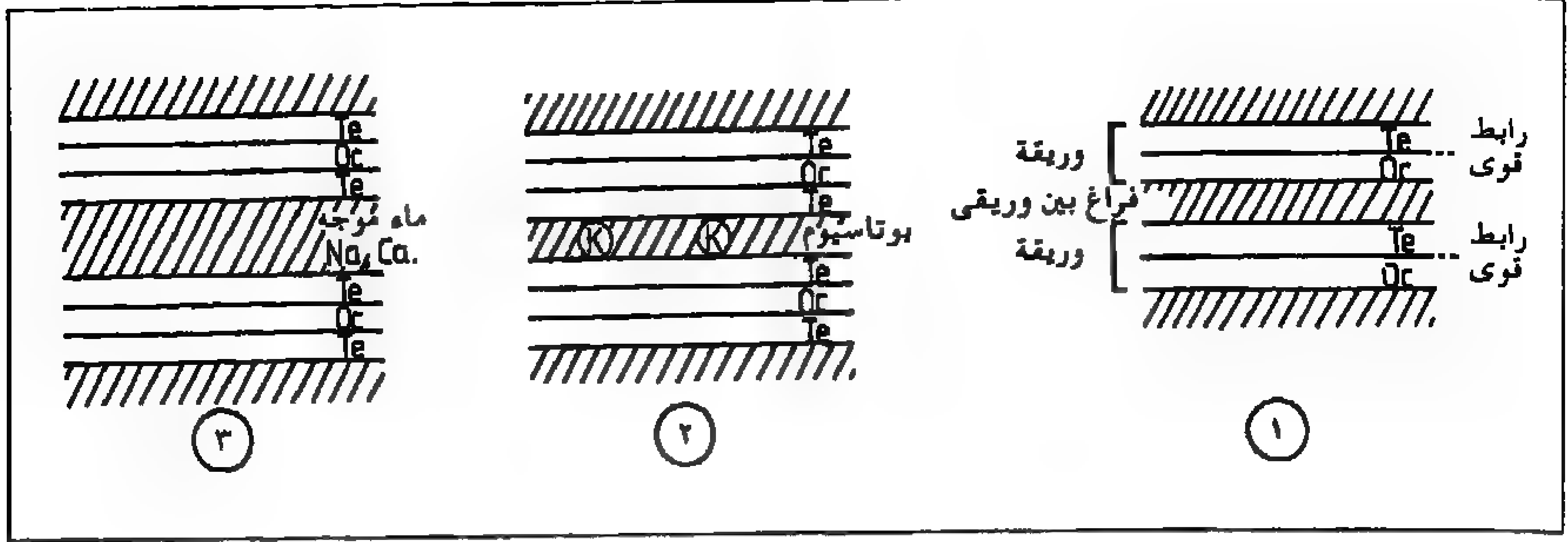
ويقاس سمكها بالميكرون (واحد على ألف من المللي متر) أماسمك الوريقات فيقاس بوحدة أصغر ألف مرة: الأنجستروم.

عندما نتحدث عن الحبة grain لطينة ما، التي تكون دقيقة ومتجانسة لحد ما ومرهمية الملمس onctueuse لحد ما، فإننا لا نقصد هذا الجسيم الأولي ولكن بالأحرى التكتلات الصغيرة المكونة من جسيمات متعددة، والتي تمثل المستوى التنظيمي الأول الذي يمكن لحواسنا إدراكه بشكل مباشر. أغلب الخامات الطينية يظهر في ورقياتها الأولية إحلالات substitutions تغير من المخطط النظري الذي سبق أن أجملناه.

فبعض ذرات المغنسيوم أو الحديد إلخ...، تأخذ مكان ذرات السليكون أو الألومنيوم في الوريقة مسببةً نقصاً في الشحنة الموجبة، وذلك لكونهما أقل في التكافؤ، فلا يصبح البناء بعد ذلك متعادلاً كهربياً. يتم تعويض هذا النقص بتثبيت fixation الأيونات الموجبة التي تسكن بين الوريقات (بوتاسيوم، صوديوم، إلخ...) والابقاء عليهم مقيدين وهذا يفسر قدرة الطينة على الإمتزاز ومقدرتها الكبيرة على التبادل échanges.

بالنسبة لبعض الخامات مثل المونتموريونيت (ذو وريقة ذات ثلاث طبقات Te/Oc/Te، شكل ٢–٣)، يمكن لهذه الكاتيونات «المُعادلة» compensateurs أن تتميأ وتتسبب إذاً في انتفاخ الخام وذلك راجع لكون عدد متغير من جزيئات الماء يتداخل بين الوريقات ويباعد فيما بينها. في الفراغ بين الوريقات الذي أصبح الماء قادراً على الوصول إليه، فإن الأيونات الموجبة يمكن أن تتبادل بسهولة مع أيونات موجبة أخرى من الوسط.

بالنسبة لخام مثل الإليت illite (ذو وريقة ذات ثلاث طبقات Te/Oc/Te شكل ٢-٢)، فإن أيونات البوتاسيوم تعادل الكهرباء السالبة للوريقات وتقيم رابطاً راسخاً بشكل كافي فيما بينها. الكاوليت (ذو وريقة ذات طبقتين Oc/Te شكل ٢–١) وهو خام أكثر ثباتاً ويوفر القليل من الإحلالات substitutions ووريقاته ترتبط ببعضها بروابط من النوع الهيدروجيني فيما بين هيدروكسيل وريقة ما (طبقة Te) وأكسوجين الوريقة التالية لها (طبقة Oc).



شكل ٢. بناء الخامات الطينية.

على سبيل المثال، تكون الكاوليت والمونتموريونيت إذاً من الخامات الشديدة الإختلاف فيما بينها. فجسيمات الأولى (صفائح صلبة ذات شكل منتظم أو «بلورات دقيقة» cristallites) تكون أكبر من جسيمات الثانية: فالوريقات التي تكون قابليتها للتفكك أقل يسراً تتراص بأعداد أكبر، وتنخفض مقدرة التبادل والإمتزاز للكاولينيت عن مثيلاتها في المونتموريونيت:

فالكاولينيت تتضمن القليل من الشوائب، وبالأخص أكاسيد الحديد، التي لها قابلية خفض درجة انصهارها وتلوينها. هذه الجسيمات الصلبة ذات المقاس الكبير يمكن لها أن تمتزج في الماء كمعلق، ولكنها تفقد حركيتها سريعاً عندما تتقارب مع بعضها البعض: فتصبح لدونتها رديئة. وتلك هي المادة الأولية بدون منازع للخزف، التي غالباً ما تُصب وتُسوى في النار في درجة حرارة عالية حتى درجة البياض.

وعلى العكس من ذلك فالطينة المكونة أساساً من المونتموريونيت يمكن أن تبدو في صورة جسيمات متجانسة ذات أبعاد صغيرة جداً قد تكون ملونة وقابلة للانصهار عند درجات حرارة أكثر انخفاضاً، يعمل الماء بالإمتزاز على جعلها «منتفخة» لتصبح لدنة لأقصى حد (وهذا يكون زائداً عن الحد بالنسبة لأغلب الاستخدامات)، ويؤدي إلى حدوث تراجع شديد عند التجفيف. عند إضافة كمية صغيرة جداً من المونتموريونيت إلى الطين المكون أساساً من الكاولينيت فإن هذا يُحسن بعض الشئ من لدونته.

من الناحية التعدينية، تمثل الطينة إذاً عائلة معقدة تضم عدة عشرات من الأنواع، التي تتميز بشراهتها للماء affinité الذي يمكنها الذوبان فيه (تكوّن محلول معلق شبه غروي) وتتميز بمقدرة ما على التبادل الأيوني مع الوسط. تزداد هذه التبادلات كلما صغر مقاس الجسيمات (أقل من اثنين ميكرون) التي تعمل على إيجاد مساحة تلامس كبيرة مع الوسط.

في نطاق معين من قيم نسب الماء اللازمة والمتفاوتة حسب نوع الطينة، فإن تلك الطينة تُظهر حالة لدنة état plastique قابلة للتشكل، تسمح لها بالإحتفاظ بالشكل الذي طُبعت عليه: يسمح فيلم (غشاء) الماء المستبقى على سطح الجسيمات بانزلاقها الواحدة فوق الأخرى. عند الجفاف، تتعرض الطينة لتراجع retrait يقابل حجم الماء المتبخر وتكتسب تماسكاً في الحالة النية يجعلها صلبة بما فيه الكفاية من أجل الاستخدامات المتعددة: (آجر pisé، لَبْن torchis، قوالب طوب لَبْن briques crues، ألواح tablettes، ولكن هذا التصلدد يكون رجوعياً ويبقى معتمداً على مقدار ما بها من ماء.

في الطبيعة، لا تتواجد الطينة أبداً في الحالة الأحادية الخام monominérale ولكن تتواجد بالآحرى كصخور مكونة من خليط من عدة خامات طينية ومكونات أخرى: حجر جيري calcaire، دولوميت dolomie، فلسبار(فلدسبار) feldspath، خامات غنية بأكاسيد وهيدروكسيدات الحديد، رمل، ميكا mica، جبس gypse، إلخ... وهكذا فإن محاجر gisements الطينيات المختلفة المستخدمة في صناعة الطين المحروق والفخارالمتداول، والصلصال الرملي grés تحتوي على نسب كبيرة من هيدروكسيد الحديد (التربة الحمراء) والجير (سجّيل marne وهو خليط من الطمي والجير، أو طين جيري) والرمل (طين رملي).

عندما تكون الخامات الطينية موجودة بنسب كبيرة حتى إنها توصل للحجر خصائصها الأساسية، فسنطلق إذاً عليه صخرة طينية أو صخرة من الطين. هذا التعبير يشمل حقائق عديدة جداً تكون مرتبطة بتاريخ كل محجر للطين: من حيث شروط تكوينه (المناخ وتأثير التغيرات الناتجة عنه على الصخرة الأم، أو التكوين الجديد néoformation بدأً من الأيونات الذائبة

في المحلول في البحيرات، والبحار والمحيطات)، وشروط انتقاله المحتمل وترسبه في الأحواض الرسوبية، وأخيراً، التحولات التي يمكن أن تؤثر على هذه الرسوبيات بعد ترسيبها sédimentation. تكون هذه الآليات معقدة وغالباً ما تكون راجعة إلى تعايش عدة أطوار انتقالية transitions، يكون كل واحد منها مُعرف بفئة تعدينية معينة.

تتبلور تدريجياً الرسوبيات الطينية المدفونة على أعماق كبيرة، تحت تأثير درجات الحرارة والضغط العاليان، في صورة صخور مدمجة مماثلة للصخور القادمة منها التي كان التغيير قد أصابها: «فتكون الطينة هي صورة للتحول الجبري للمادة السيليكاتية silicatée في الدورة الجيولوجية» (Millot, 1985, p. 638).

عند تسوية الطينة بالنار، فإن الإنسان يعيد بشكل جزئي تخليق هذه الآليات الطبيعية، مع إضافة طاقة تكون حتماً زهيدة بالمقارنة بالطاقة الأزمة كشرط للتحجر lithification الجيولوجي. على ذلك، تكون الخزفيات بالفعل من الصخور الإصطناعية.

علاوة على تعدد الأشكال الطبيعية التي تقدمها لنا الطينة فإنه يضاف إلى ذلك الإمكانات المضاعفة للتحولات التقنية: انتقاء، خلط، إحداث تغيرات للمواد الطينية الأولية، تشكل وزخرفة بأساليب مختلفة، تسوية في النار بسرعات ودرجات حرارة متغيرة لفترات تطول أو تقصر، في أوساط مؤكسدة أو مختزلة... كل هذا يفسر التشكيلة الشديدة التنوع للمنتجات النهائية التي نحصل عليها وتعقد تقنيات الخزف. إن تحر تلك التقنيات والتمكن العلمي منها هما اليوم شديدا التعمق، وقد يجد المرمم - القائم بالحفظ - والعليم بتلك التقنيات أن هذا يناقض بشدة المنهج التجريبي والبساطة الخاصا بالطرق التي يستعملها عادةً.

إذا تعرضنا في هذا الموضع لبعض التذكرات التقنية فلأنه يتراءى لنا أن بعض المفاهيم تكون على الرغم من ذلك لا غنى عنها، ويكون من المهم دائماً معرفة الخطوط العريضة للمادة التي سنتعامل معها: فمن غير الممكن التعامل مع المادة في صورتها المتغيرة والتنبؤ بما ستأتي به من تصرفات إذا

اتبعنا خلاف ذلك. وفي الغالب يكون إذاً من المفيد جداً قياس الوقع (حتى غير الظاهر بوضوح) الذي يمكن أن يسببه تدخلنا على طبيعة المادة والتحليل الخاص بها.

من تربة الفخاري إلى القطعة الخزفية

Picon,1973; Rhodes, 1976; Colbeck, 1976; Leach, 1979; Echallier, 1984;) .(Hamer, 1986; Rado, 1988

تحضير العجينة

التربة الطينية التي يستعملها الفخاري (الخزاف - الفخراني) تحتوي إذاً على نسبة متغيرة من الرسوبيات العضوية والخامات غير الطينية. تلك المواد على الرغم من تواجدها في صورة جسيمات صغيرة جدا، لا يكون لها لدونة في وجود الماء ولا تتعرض للتراجع عند الجفاف: فهي تُكيف إذاً تلك الخواص وتجعل من بعض المخلوطات الطبيعية قابلة للاستعمال شبه بدون إعداد مُسبق (تربة طينية terre franche). هذه الأنواع من التربة تتواجد في الطبيعة بتنوع كافي فمنها ما يسمح بتصنيع الخزف ذوالعجينة الناعمة والمتجانسة وكذلك الخزف ذو العجينة الخشنة المتكون من حبات غير متجانسة بشكل أكبر. وعلى العكس من ذلك فالطينة المرملة (مرمولة) بشكل كبير graveleuse، أو الشديدة الخصوبة grasse (شديدة اللدونة)، أو عديمة الخصوبة maigre، إلخ... يمكن أن تتبدل بمعالجات مختلفة.

يمكن للفخاري خلط التربة القادمة من محاجر أو مصادر مختلفة، و يمكن للتربة أن تُترك لتتعفن، حتى يعمل الشغل الميكانيكي للچل (مادة هلامية) gel على تناسق مقاس الجسيمات وعلى إستبعاد الجزئية العضوية عن طريق التدهور البيولوچي biodégradation، يمكن للتربة أن تتجانس homogénéisée ويتم التخلص من الغازات الناتجة عن هذا التخمر ومن فقاعات الهواء بطرق مختلفة (دهس بالأقدام، عجن، إلخ...). ويمكن

تنقيتها من الخامات غير اللدنة والمركبات القابلة للذوبان بدرجة كبيرة لحد ما وذلك عن طريق: الفرز اليدوي للعناصر الغليظة (كبيرة الحجم)، الغربلة، الترسيب، الغسل، إلخ...، وأخيراً تلك النقطة التي هي بلا شك واحدة من أكثر ما يشد انتباه الآثاريين، ألا وهي لدونة التربة ورجوعيتها عند التجفيف، والتي يمكن أن تنضبط بإضافة مخشنات التربة (مواد عديمة الخصوبة) dégraissants مثل: عظم، كالسيت وقواقع مدكوكة، خزف مصحون chamotte، رمل، أجزاء من النباتات، إلخ...، وتجعل طبيعة البعض من تلك المخشنات «المضافة» ليس من السهل دائماً التفريق بينها وبين المخشنات «الطبيعية» التي تكون عبارة عن قطع من الصخور غير اللدنة المتواجدة في الأصل في التربة الطينية وهذا التمييز يثير غالباً مشاكل صعبة عند القيام بالتعليل التقني. سواء كانت هذه المخشنات طبيعية أو مضافة، فإنها تؤثر بشدة علي كل من اللدونة والتراجع عند التجفيف والترابط في الحالة النية والتسوية بالنار للطينيات.

التشكيل façonnage

يمكن تشكيل القطع الخزفية قبل تسويتها في النار بطرق مختلفة ولن نتمكن هنا من تناول وصفها بشكل مُفصل. سيجد القارئ فيما يلي بعض التذكرات البسيطة.

تذكرات تقنية: تشكيل الخزف

قولبة modelage: يُشكل الطين أو يُدفع باليد. تكون الأسطح غير منتظمة وتميل إلى الغلظة. يمكن أيضا فرد العجينة وتسويتها وتنشيفها على سطح القالب.

تشكيل لفافة من العجين المبروم colombinage: فوق القرص المكون للقاع، تُشكَل قطع العجينة التي على شكل اللفائف المبرومة أو المقانق باليد ثم يتم رصها ولحامها الواحدة بالأخرى (عن طريق الضغط وإعادة الترطيب الخفيف). يمكن للقطع أن تصل إلى أبعاد كبيرة إذا تركنا الأجزاء السفلية

منها تتصلب بالتجفيف كلما علونا بالشكل. على حسب درجة التشطيب، تكون الوصلات مرئية إلى حد ما. لا تكون الأسطح والأشكال تامة الانتظام. فعلى كسر رأسي، يظهر الإتجاه المختلف للعجينة لكل لفافة من العجين المبرومة. تُكسر الأواني غالباً عند الوصلة بين لفافتين من العجين المبروم، يكون الكسر أفقياً فيما بين كل دائرة من دوائر العجين أو يكون عرضياً إذا كان قد تم وضع لفافة طويلة من العجين المبروم على شكل حلزون.

يمكن لنا أيضا أن نلحم قطع صغيرة متماسكة من الطين (مدرة) فيما بينها، بعد بسطها لترقيقها على هيئة أقراص.

دولاب الفخاري tournette: هي آلة بدائية جداً تسمح بعمل دورات بطيئة وغير منتظمة لقاعدة القطعة وهكذا يمكن لنا إنجاز القطع المشكلة أو المركبة من قطع ملفوفة من العجين المبروم. يمكن للفخاري كذلك الدوران بسرعة حول القطعة.

تشكيل (تدوير، خرط) tournage: توضع قطعة الطين المتماسكة (المدرة) في مركز القرص الدوار (الصينية المستديرة) التي تستمد دورانها السريع من حركة قدم الفخاري أو أي جهاز آخر (عصا إسطوانية دوارة، موتور)، بحيث تكون يدا الفخاري حرتان. تسمح القوى الطاردة المركزية التي يتم التحكم فيها وتقييدها بواسطة الأصابع بإقامة أشكال تامة التماثل حول محور الدوران. سمك الجدران يكون واحداً على نفس المستوى، يترك الدوران حزاً منتظماً، وغالباً ما يكون مرئياً في تجويف القطعة (حيث التشطيب أقل أهمية)، وهويطبع على العجينة توجه مميز. يتم لصق المقابض، عروة الأبريق، الألسنة، إلخ...، بواسطة عجينة طرية barbotine (بقصد «التزيين بإضافة أجزاء زخرفية» garnissage).

صب coulage يتم صب العجينة السائلة في قالب ماص. يؤدي رج القالب والتنشيف إلى إنفصال القطعة عن القالب. وهكذا يمكن لنا الحصول على جدران رقيقة وأشكال معقدة (قوالب مكونة من عدة أجزاء). يتميز الإنتاج الحديث بالذات بهذه التقنية.

تشطيب (أعمال تهذيبية) finition زخرفة décor يمكن للقطع أن تُنعم (وهي مبللة)، أو تُصنفر (وهي جافة) فيصبح إذاً سطحها مدمجاً ومتجانساً.
يمكن لنا عن طريق الحفر (الحز) أو القطع (الإستئصال) عمل زخارف في أثناء التجفيف (وذلك بإزالة بعض من المادة)، كذلك يمكن لنا طبعها بواسطة إسطوانة، أو «رولة» (قرص دوار عليه علامات مركبة على مقبض) أو باستخدام حبل أو مشط أو قوقعة، إلخ...، (وهذا يُحدث تشكيلاً للسطح، أو قد يمكن لنا التطعيم بمختلف المواد (سواء كانت طينية أو غير طينية)، أو اللصق بواسطة عجينة طرية لنماذج مصبوبة في القالب (ويكون هذا عبارة عن إضافة للمادة).
يمكن للقطع أن تتلقى قبل تسويتها في النار طلاءً أو زخرفة متعددة الألوان polychrome تكون مكونة أساساً من تربة طينية مذابة (دهان الفخار engobage، «رسم تصويري» peinture، عجينة طرية barbotine مستخدمة في الزخرفة)، ويتم إثراؤها ظاهرياً بالجرافيت والدهن، إلخ..، و يتم إمضاء الفخاري عليها أو وضع علامة الورشة عليها (عن طريق الكتابة بالنقش أو الختم). كذلك يمكن لنا أن نضع عليها تكسية أو زخرفة مزججة قبل تسويتها في النار (على النيء) أو بعد إجراء تسوية مبدئية لها (على خزف مبرغل وهو خزف أبيض بدون طبقة ميناء: بسكويت biscuit). يمكن لها أيضا أن تُطلى بعد التسوية في النار (ولكن في علم الآثار فإن إصطلاح «الخزف المطلي» céramique peinte لا يُعني به دائماً هذه الحالة).
هذه المعالجات المختلفة تترك في بعض الأحيان آثاراً ملحوظة: انفصال آلة الدوران ذات الخيط girelle au fil (أثرها يكون مرئي على القاع)، علامات أصابع على قاعدة وعنق الآنيات، حز في داخل القطع المشكلة، آثار للعدد المستخدمة في عمليات التشطيب (آثار فرشاة، جزء مسطح أو حز ناتج عن أداة التسوية المستخدمة)، وصلات بين لفائف الطين المبروم، أو بين الأجزاء المصبوبة أو المطبوعة عند درجة حرارة باردة estampées، إلخ... هذه الدلائل تكون غالباً من الصعب ملاحظتها بعد إعادة التركيب والبعض منها الذي يصاب بالهشاشة نتيجة لحت الأسطح داخل الأرض، يُفقد إبان التنظيف المتسرع.

تجفيف وتسوية في النار

في أثناء التجفيف، يهاجر الماء الحر المُحتوى داخل القطع المُشكلة في إتجاه السطح ويتبخر. تتقارب جسيمات الطينة الواحدة من الأخرى: وهذا هو مفهوم التراجع (الانكماش). الطينة النقية في طورها اللدن تحتوي على كمية كبيرة من الماء (عادةً من ٢٠ الى ٢٥ ٪ من الوزن). فقصور inertie الجزء غير اللدن من العجينة الذي على شكل مواد لتخشين التربة، يسمح بخفض هذه الكمية من الماء بالنسبة لكتلة القطعة؛ وبهذا الشكل يحد من القيمة النسبية للتراجع عند التجفيف. وهكذا يمكن لتربة الفخاري العادية والمحتوية على مواد تخشين، أن تخضع لتراجع خطي من ٥ الى ١٠ ٪ على حسب طبيعتها، فطينة قابلة للانتفاخ ونقية مثل المنتموريوينت montmorillonite يمكن لها أن تتراجع بنسبة تساوي ٤٥ ٪ وهذا يجعلها عملياً غير قابلة للاستعمال. لا يتم التجفيف بسرعة منتظمة في كامل كتلة القطعة، مما يمكن أن يتيح الفرصة لنشؤ قوى شد داخلية بين المناطق غير المتكافئة في الانكماش، وقد يصل الأمر إلى حدوث شروخ في داخل المناطق الأكثر سمكاً أو شقوق لجدار الإناء بالكامل. لا تتاح الفرصة أبدا للآثاري لمعاينة حوادث التجفيف تلك وذلك لأن القطع التي وقع عليها هذا الضرر غالباً ما تُستبعد عند إجراء التسوية. غير أن التماثيل الصغيرة المصمتة والقطع السميكة يبدو عليها أحياناً عيوب داخلية، يمكن أن تُرى علي الكسور وتكون موروثة من التجفيف. وبنفس الشكل فإن بعض الكسور التي بدأت خلال التجفيف، لن تظهر إلا علي القطعة التي تم تسويتها.

في دراسة تقنية دقيقة، يمكن عن طريق ملاحظة التجزءات craquelures والتشققات الصغيرة fendillements (بالمثل لكل العيوب التي تلاحظ على القطعة)، أن نضع الأساس لعمل فروض دقيقة بشكل كافي فيما يتعلق بطريقة عمل الأشخاص الذين قاموا بإنتاج الخزف محل الدراسة مثل: طريقة التنفيذ، الصعوبات التي واجهوها، السيطرة على هذه الصعوبات سواء كانت

شديدة أو ضعيفة. المشتغلون بالخزف céramistes المعاصرون يستخدمون علم التصنيف typologie الحقيقي الشارح للعيوب والحوادث (مثل نوع معين من الشروخ يتم ربطه بحادث تجفيف ما، ونوع آخر بواقعة ما أثناء التسوية، إلخ...) وهذا يجب أن يحضنا على السهر أثناء معالجة الخزف الأثري على أن تكون تلك العلامات محل ملاحظة وتسجيل وحفظ كلما كان هذا بالإمكان.

إن حركية جسيمات الطينة تتناقص مع خروج الماء، وهي تتوقف عن سد الفراغات التي تركها الماء قبل نهاية التجفيف بمراحل، وهكذا تنشأ شبكة من المسام الدقيقة والمتصلة بعضها البعض التي عن طريقها يسلك الماء المتبقي لمساره نحو سطح التبخير. وبهجرة الجسيمات فإنها تجرف معها بعض العناصر السائلة، (ولكن غير المتطايرة) أو ذات الأبعاد الصغيرة (المعلقة) الناتجة عن الطينة أو الماء المستخدم إبان التشكيل. بالقرب من السطح، تكتسب القطعة إذاً تصنيفاً لمقاس الحبيبات granulométrie وتركيب composition يختلف اختلاف طفيف عن ذلك المميز لها في القلب. هذا التصنيف لمقاس الحبيبات المثري بالأجزاء الدقيقة يجلب إدماجية أفضل، وتلك العناصر القابلة للذوبان التي تكون غالباً مسهلات للإصهار fondants، يمكن لها المساهمة في تزجج جزئي وسطحي للقطع أثناء التسوية. ويضاف تاثيرها إذاً لذلك الناتج عن معالجات السطح مثل: التنعيم، الصنفرة، الدهان، وذلك من أجل خفض نفاذية. المنتجات المسامية اللاتي لم تحصلن مع ذلك على تكسية مختلفة بشكل واضح عن العجينة التحتية (وهذا على عكس القطع التي تلقت طلاء متزججاً: دهان لامع glaçure، ميناء couverte طلاء براق vernis، هذه المصطلحات ستعرف في الباب الرابع).

في أثناء التسوية يكون تحول الطينة لا رجوعي: فالماء المرتبط كيميائياً يخرج وتكتسب الجزيئات تماسكاً مستديماً عند نقاط تلامسها.

في الواقع تكون بداية التسوية ليس إلا نهاية للتجفيف: ينتهي تبخرالماء الحر عند مائة درجة سلسيوز (سلسيوس - سلزية). إذا كان الارتفاع في درجة الحرارة شديد السرعة فإن هذا الماء يتبخر بشكل مباغت ويصبح هناك

خطر لتصدع القطعة. الماء الممتز والمُمسَك على سطح جسيمات الطينة يخرج من بعد ذلك، ثم يبدأ خروج ماء التكوين المشارك في البناء البلوري للجسيمات على شكل تجمعات هيدروكسيل hydroxyles OH كما سبق وأن رأينا، فيما بين ٤٥٠ و٧٠٠ درجة سلسيوز على حسب الخامات الطينية (بالنسبة للكاولين، فإن هذا التغير يبدأ مثلاً عند ٤٢٠ درجة سلسيوز، وبالنسبة للمونتموريونيت عند حوالي ٧٠٠ درجة سلسيوز). يكون هذا النزع للماء تدريجياً (نصادف أيضاً تعبير «نزع الهيدروكسيل» déshydroxylation الذي يُعتبر تحول لا رجوعي لخامات الطينة ويعمل على الإخلال بنظام بنائها البلوري. تُشكل خامات الطينة طوراً مضطرباً وغير مستقر هو «الطور الوسيط» métaphase الذي يمكن أن يتعرض لتغيرات عديدة وأن يتفاعل مع العناصر الأخرى الموجودة. في هذه المرحلة، وبما أن كل الماء (ماء حر، ماء ممتز، ماء التكوين) يكون قد تبخر تاركاً فراغات، فإن المنتج يُظهر أقصى حد من المسامية. إذا كانت الجسيمات التامة التميؤ لا يصيبها الإنهيار الذي قد يحولها إلى كومة صغيرة من التراب، فذلك راجع لكونها تلتصق فيما بينها عند نقط تلامسها أثناء التغير، مكتسبتا بذلك تماسكاً جديداً. بعض العناصر التي تلعب دور مسهل الإنصهار (الحديد، الصوديوم، البوتاسيوم؛ الكالسيوم عند درجات الحرارة العالية) يمكن لها أن تجر معها عناصر أخرى (سيلكا حرة، أجزاء من الفلسبار، طور وسيط طيني) إلى تكوين طور لا بلوري amorphe شديد اللزوجة، مغلفاً الحبات الصلبة شيئاً فشيئاً وقد يذيب بعضا منها، والتي بدورها تجد نفسها مشاركة في تزجج شقفات الفخار. هذا التزجج يمكن له أن يبدأ في حدود درجة حرارة ٨٠٠ درجة سلسيوز أو أقل من ذلك في وسط مختزل (سحب محدود للأكسوجين أو إستهلاك لأكسيد الكربون في المحرقة، إلخ...)، وعلى الرغم من كون هذا التزجج جزئياً بشكل كبير فإنه يسمنت بشدة المكونات المختلفة للعجينة. عندما يصبح الطور الزجاجي غالبا ومتحركا بشكل كافي (تواجد المكونات، الوصول لدرجات الحرارة اللازمة وزمن التعرض المناسب لدرجات الحرارة تلك) بحيث ينساب في

فراغات البناء المسامي، فإن المسامية الزائدة عند بداية التسوية تميل إلى الإنخفاض. يصغر عندئذ قطر المسام، ثم إذا استمر تزجج الشقفات فإن العجينة تصبح «منغلقة» fermante، وتكون المسامية المغلقة - التي تعنى أن الفراغات لا تتصل ببعضها البعض - هي الوحيدة التي تدوم.

هذه اللامُنفذية imperméabilisation للشقفات يتم الحصول عليها عند الوصول إلى درجة حرارة «الصقل بالصلصال الرملي» grésage وتتغير درجة الحرارة تلك بدلالة طبيعة العجينة: فالتربة ذات الصلصال الرملي المحتوية بطبيعتها على كمية كبيرة من مسهل الصهر تتعرض لهذا التزجج الجزئي بدون حدوث تشكلات عند درجات الحرارة المتوسطة. بالنسبة للخزف الذي يُشكل الكاولينيت kaolinite إحدى مكوناته الأساسية فإنه يحتاج إلي درجة حرارة أعلى للوصول إلى التزجج (فوق ١٢٠٠ درجة سلسيوز)، ولكن أغلب التربة المستخدمة لصناعة الفخار والثرية جداً بمسهل الصهر تكون قابلة للانصهار عند درجات الحرارة تلك وتتعرض إذاً للتشكل عندها. إن تصنيف مقاس الحبيبات لمكونات العجينة يؤثر أيضاً على درجة حرارة الصقل بالصلصال الرملي grésage ودرجة حرارة الانصهار، فكلما كانت الحبيبات دقيقة زادت الأسطح المعرضة للتفاعل فيما بينها أثناء إجراء التسوية.

تؤثر أيضاً درجة إنقسام المادة بشدة على مجرى التفاعلات المثارة فيما بين أسطح التلامس وذلك مثل كل الظواهر الفيزيائية أو الكيميائية المميزة لهذه الأسطح. وهذا يتضح لنا بشكل أفضل إذا أدركنا أن مكعب من المادة طول ضلعه ١ سم يكون له سطح مساوي ٦ سم^{٢} في حين أنه عند تقسيم هذا المكعب لمكعبات كل منها له طول ضلع يساوي ١٠ ميكرون ولنفس الحجم من المادة فإننا نحصل على مساحة سطحية كلية تساوي ٦ متر^{٢}. عند درجات الحرارة العالية (١٠٠٠ درجة سلسيوز)، فإن الخامات الطينية عديمة التنظيم يعاد تبلورها، وهذا بمفردها أو بالاشتراك مع الخامات الأخرى الموجودة (مخشنات التربة، شوائب) من أجل تكوين عناصر تعدينية جديدة مثل كريستوباليت cristoballite ومولیت mullite، التي نحصل بعد

ملاحظاتها على معلومات قيمة عن الظروف التي تمت عندها عمليات التسوية. عند درجات حرارة أكثر إرتفاعاً (فوق ١٢٠٠ درجة سلسيوز) فإنه يمكن لبلورات جديدة أن تتكون في قلب الطور المتزجج نفسه، كما يتضح هذا بالنسبة للخزف الصلب. وكما تتحكم بعض العناصر «كمسهلات الصهر» في تكوين الأسمنت المتزجج فإن البعض الآخر ييسر عملية التبلور لهذه الخامات الجديدة كالتيتانيوم titane مثلاً.

بعض المكونات غير الطينية تتعرض أيضاً لتغيرات نوعية، تُعقد من سير التسوية والتبريد أو تؤثر على خصائص المنتج النهائي.

تتحلل مخشنات التربة العضوية مبكراً أثناء التسوية (عند ٢٠٠ درجة سلسيوز) ولكن إحتراقها الكامل يتطلب درجات حرارة أكثر ارتفاعاً (٦٥٠ – ٧٠٠ درجة سلسيوز). هذا الإحتراق الكامل يحتمل أن يترك فراغات (أحياناً تكون على شكل علامات يمكن التعرف عليها) وهي تكون مسئولة عن المسامية الزائدة، وفي بعض الظروف يترك ترسيبات كربونية تُعطي للشقفات لوناً أسوداً، وهذا عندما لا يتم التخلص منْ كل الكربون في الفرن عن طريق إتحاد الأكسوجين لتكوين أول أو ثاني أكسيد الكربون.

يتعرض الكوارتز عند درجة حرارة ٥٧٣ درجة سلسيوز لتمدد رجوعي حيال التبريد. هذا التمدد يُستوعب في المادة التي تُظهر دائماً مسامية كبيرة ونسيج منفتح عند درجات الحرارة تلك. يكون انكماش الكوارتز خلال التبريد هو أكثر الأحداث خطورة عند تخطيه. فهو يمكن ان يزيد بشكل طفيف مسامية الشقفة ويكون هذا مصدراً لقوى شد كبيرة (في داخل الشقفة أو فيما بين الشقفة والتكسية الخاصة بها). وبشكل عام، فإنه إذا كانت العناصر التى تتركب منها العجينة تتمدد أو تنكمش بشكل غير متكافئ أو في أوقات مختلفة فإن حركتها تثير أخطار التشقق الكلي الفجائي أو التجزيع. تفرض هذه المشكلة نفسها بالذات بالنسبة للخزف الذي تعرض للتكسية قبيل التسوية: ويتمثل هذا في الإئتلاف التمددي فيما بين التكسية/الشقفة، وهو من المشكلات التقنية الكبرى. فإذا انكمشت القشرة السطحية بالبرودة أكثر من الشقفة الحاملة لها، فإنها

تتشقق (إرتجاج) وتنفصم وحدة التكسية ويحتمل أيضاً زوال عدم النفاذية التى كانت توفرها تلك التكسية. في الحالة العكسية (تمدد القشرة) فإن القشرة تتقوس من فوق الشقفة ويضعف تماسكها (ينشأ خطر التقشر) وكلما كان سلوك المادتين مختلفاً بالنسبة لبعضهما البعض تكون العيوب أكثر شدة وأكثر وضوحاً من الناحية العيانية. ولكنه لا يمكن التوصل عملياً للتوافق التام شقفة/تكسية في كل أوقات التسوية والتبريد.

تحلل الكالسيت calcite ($CaCO_3$) إلى جير حى (CaO) وغاز ثانى أكسيد الكربون (CO_2) يمكن أن يؤدى إلى تطورات مختلفة: منها إعادة إتحاد الجير مع بعض المكونات الأخرى، لتكوين السيلكات الداخلة في أسمنت الخزف الذى لم يعد يحتوي على حجر جيري بمعنى الكلمة (انعدام الفوران مع الحامض مثلاً)، أو الرجوع إلى حالة الكربونات بتثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون الجوى مع زيادة في الحجم (تكون تقريباً مضروبة في اثنين) وهذا قابل لإحداث تشظي حول العقيدات الكبرى gros nodules أو قريبا من السطح («نقط جيرية»).

إن تطور أكاسيد الحديد الموجودة يشكل في النهاية لون الخزف. عند إجراء التسوية في وسط مُختزل، فإن الحديد يُختزل إلى ماجنيتيت (Fe_3O_4) أو أكسيد حديد (FeO) الذى يُسَود من لون الخزف. وعلى العكس من ذلك إذا ما تمت التسوية والتبريد في وسط مؤكسد فإن الحديد الكائن في الهيماتيت (Fe_2O_3) يمنح العجينة لون أحمر تتراوح شدته على حسب الكمية الموجودة، مع احتمال كونه فاتحاً جداً في العجينة الغنية بالجير. ولكن عندما تتم هذه الأكسدة في آخر التسوية أو خلال التبريد مثلاً، فإنها تبقي جزئية ولا تصل إلا لبعض المناطق فقط من القطعة (تلوين غير متجانس) أو إلى الأسطح وحدها (قلب الشقفات يكون أسود اللون).

وهكذا فإنه بعد التسوية والتبريد، يظهر الخزف وكأنه ثمرة للتحولات المركبة التي تستمد أهميتها ليس فقط من درجات الحرارة الكائنة وسلوك كل مكون عند كل منها، ولكن أيضاً من التفاعلات الممكنة بين تلك المكونات وذلك على حسب طبيعتها ومقاساتها ووسط ومدة التسوية

والتبريد. فالخزف هو منتج ناجم عن التسوية لخليط يمكن لمكوناته المختلفة أن تتأثر وتتفاعل مع بعضها البعض.

وهذا بلاشك يفسر كيف أن غير المتخصصين -الذين ننتمي نحن إليهم - يمكن أن يفاجئوا ويصابوا بالحيرة بسبب الاختلافات التى يقابلونها فيما بين البيانات الرقمية المختلفة، بالأخص لدرجةالحرارة، التى يعطيها بعض المؤلفين في تحليلهم للمراحل المتخطاة على مر عملية التسوية. فالبعض الأول منهم يورد ذكر نوع معين من الإنتاج، والبعض الثاني يرجع إلى السيرة النظرية لخام معين عند ظروف مُعرفة، وأخيراً البعض الثالث يدفع بنطاق متسع لحد ما يسمح لنا بتعميم وتبسيط الظواهر الحقيقية.

تُشكل إذا منتجات الخزف المختلفة، مادة يكون تفسيرها التقني «رجعي (إسترجاعي)» rétroactive، فبدءاً من النتيجة النهائية تُقام خطة بحث تكون أخّاذة وشديدة الصعوبة معاً. ولكن في علم الآثار تصل إلينا هذه المنتجات وقد تبدلت أيضاً نتيجة ظروف استعمالها ودفنها، فيتعقد الإستقصاء الأثري إذا ! ولا تعنينا في المقام الأول هذه «التغيرات» في الخزف لحد ذاتها ولكن بالأحري لوقعها على حفظ القطع والمعالجات التى تستتبعها.

لنحتفظ على أية حال في ذهننا بكون معالجات الحفظ والترميم هي أحياناً فرصة لملاحظة بعض الدلائل المفيدة في علم الآثار، ولكنها يمكن أن تساهم في خلط السبل علينا بشكل أكبر.

في المنتج النهائى يتعايش معاً كل من:

- خامات أولية غير متحولة ويُستدل منها وحدها بشكل مباشر عن التربة المستخدمة من قبل الفخاري (تربة طينية نقية لحد ما، مخشنات تربة طبيعية أو مضافة)؛

- خامات متكونة أو متغيرة خلال التسوية: بلورات، وأطوار وسيطة للطينة وقد يتواجد طور زجاجي ذو أهمية متغيرة؛

- فجوات تكون أهميتها الكلية وشكلها معتمدا على كل من النسيج الإبتدائي وإعادة الترتيب الناتج عن التسوية، وذلك على الوجه التالي: نسيج غليظ / مسام ضخمة macroporosité مفتوحة؛ نسيج دقيق ومتجانس / مسام مِكروية microporosité وبناء مكون أساساً من شعيرات دقيقة؛ مسام مِكروية مغلقة / تعتمد الحالة على تزجج الشقفة.

ولكن تلك الحالة المعقدة التفسير آنفاً تتغير مرة أخري أثناء الدفن، فيمكن لبعض المكونات الموجودة أن تستبعد أو تتغير، فى حين أن البعض الآخر الناتج عن الوسط يمكن أن ياتى «ليلوث» الخزف: المكونات الثانوية هي المشتملة على كل ما لم يدخل فى التركيب الأولي للقطعة.

التحولات الكالسية الموجودة بمعدل كبير، في العديد من خزفيات ما قبل التاريخ وفي القطع الخزفية التاريخية (سواء التي استخدم فيها طينة جيرية أو طينة محتوية على مخشنات تربة من الكالسيت والقواقع المدكوكة، إلخ...)، تُصور جيداً تعقد التفاعلات الجارية خلال التسوية والصعوبات التى تسببها تلك التفاعلات أثناء عملية الفهم والتعليل. نقلا عن العديد من المؤلفين فإن تحلل الكالسيت يمكن أن يبدأ عند ٧٠٠ درجة سلسيوز، وهي درجات حرارة تكون مرتبطة بشكل وثيق بمقياس الحبيبات الدقيق لحد ما والخاص بنسبة الكالسيت الموجودة. إن معاودة إتحاد الكالسيت مع مكونات أخرى (سيلكا، مغنسيا، ألومينا) تقود بعد ذلك - على حسب درجة الحرارة التي تُوصل إليها وزمن التعرض لها - إلى خامات مختلفة (جلينيت gelhenite، ديوبسيد diopside، أنورثيت anorthite)، ويمكن لها إذا أن تُتخذ بشكل ما كعلامات لدرجة الحرارة المتوصل إليها.

ولكن لا يبدو كون تلك الخامات مستقرة في كل ظروف الدفن: فتغيرها يمكن أن يقود إلى إعادة تكون الكالسيت والخامات الطينية، التي يجب أن يفرق التحليل بينها وبين المكونات الإبتدائية، وقد نذهب -بالنسبة للكالسيت - إلى التفريق بينها وبين التشرب الثانوي الناتج عن الوسط...

باستخدام المصطلحات الخاصة بالحفظ، تكون الشروط الأساسية لمقاومة الخزف لحالة الدفن هي أساساً كما يلي: درجة التماسك المكتسبة خلال التسوية، والتي تكون مرتبطة بتحول الجزء الطيني الذي يعمل كرابط وبالتواجد المحتمل للأسمنت الزجاجي؛ الصلابة المرتبطة بالخامات الموجودة (العجائن الجيرية تكون أكثر رخاوة من العجائن السيلكية) وبدرجة التزجج (التي تجعلها تجري بشكل تفضيلي)؛ مسامية المنتج التي تتحكم في ظروف سريان عامل التغيير الرئيسي للخزف الا وهو الماء. التحولات «الثانوية» للمادة أثناء الدفن تكون مرتبطة بهذه النقطة الأخيرة: فمسامية الخزف تسمح بإجراء تبادلات مع المحاليل السارية في التربة. يكون لبعض هذه التحولات عواقب كبيرة على حفظ القطع المدفونة، ويمكن أن يكون لمجموعها تأثير على التحقيق الأثري لهم: يمكن أن تكون دراستهم إذاً نقطة إلتقاء رائعة بين هذين المدخلين. ولكن يبقى الكثير من الدروب لارتيادها من أجل ربط صعوبات التأويل الخاصة بعلم القياسات الأثرية archéométrique مع هموم ومشاغل الحفظ.

الأداء الميكانيكي للخزف

غالباً ما يُبدي الخزف خواصاً ميكانيكية جيدة. فنحن نبني به الحوائط والأسقف في بيوتنا: وهو يعتبر مادة «صلبة».

ينقل لنا بول رادو (Rado, 1987, p. 198)، في هذا الصدد تجربة إيجابية مباشرة: حافلة (أتوبيس) ذات طابقين تقف على ثمانية أقداح من الخزف الصيني (بورسلان إنجليزي برماد العظم «bonechina»)، وضعت تحت عجلاتها الثمانية...! ومع هذا فإن الاكتشافات لقطع محفوظة بشكل كامل

يكون نادر الحدوث، وإذا ذُكرت كلمة «خزف» لأي أثري، فإنه يفهم منها «شقفات»، وهذا يعني أجزاء متكسرة بالتعبير الأثري. في الواقع إن أفضل أداء للمواد الخزفية يُسجل لها في مقاومة الانضغاط ولكن لا يكون هذا في الغالب هو الكيفية التي نتعامل بها معها. وتكون مقاومتها للشد مثلاً أقل من هذا بكثير. وكما تعلمنا من حياتنا اليومية، حسب ما تتيحه لنا الظروف، فإن الخزف يُكسر بشكل سهل (صورة ١). قد يساعد على ذلك خاصيتان جوهريتان له: ضعف التماسك الداخلي، والمقاومة الرديئة للصدمات.



صورة ١. خزف صيني متكسر في مكانه في مستودع منزلي للأشياء المهملة، أثناء الكشف عنه، (ابريق من القرن الرابع عشر، بلدية سان دونيه (ville de Saint-Denis)، الوحدة الأثرية).

فى حالة الخزف الذى تم تسويتة عند درجة حرارة منخفضة أو المُحتوي على نسبة كبيرة من مخشنات التربة، فإن الأسمنت المتكون من تحول الطينة أثناء التسوية لا يعمل على ترابط مجموع مكونات الطينة بشكل قوي: إما لقلة الطينة فيها أو لقلة التحولات بها. تكفي إذا إجهادات ضعيفة لإنفصام تماسك المادة، وللتفريق فيما بين مكوناتها الواحدة والأخري: فيكون قليل التماسك. إن الخزف العادي المسامي ولكن «جيد التسوية» مع قلة أو إنعدام الطور الزجاجي، يُبدي تماسك أفضل ويكون سمك جدرانه غالباً كبير، مما يُحسن من أداءه.

غير أن الخزف الدقيق والشديد التماسك، والذي يكون قد تم تسويته عند درجة حرارة عالية، يُظهر درجة عالية من التماسك الداخلي، فمثلا قطعة خزف متزججة في كتلتها، تكون في المقابل أقل مقاومة للصدمات: فالشق المُثار في مادة شديدة المسامية يتوقف سريعاً عندما يقابل فضاء، في حين أنه ينتشر حتى الانفصام في مادة صلبة عالية الكثافة: إننا قد نكسر حافة قطعة خزف صيني ونحطمها بسهولة بإمساكها بدون إحتياط، فالخزف مادة قليلة المقاومة للصدمات.

إذا اختلفت بشدة خصائص المواد المستخدمة في البداية فإن هذا يمكن أن يساهم في الحصول على نفس التأثير: الا وهو تشظية القطع الخزفية. فتنكشف للجو أسطح جديدة عند الحواف، وبالنسبة للخزف المسامي ذو الدهان اللامع، تنفصم عرى عدم النفاذية التى جلبتها التكسية الزجاجية.

إذا كانت المادة لها صلابة بمعني أن المقاومة الميكانيكية التى يقابل بها سطحها الإختراق والحت تكون كبيرة فإن الشقفات لاتُبرى إلا قليلاً: وهذا يؤدي إلى كسر قاطع (حاد)، وتتراكب الأجزاء وتتوافق مع بعضها بشكل وثيق حتى بعد الدفن المطول. يكون بريق الدهانات اللامعة محفوظاً. إذا كانت المادة أكثر طراوة، فإن الحواف تُبرى فى التربة، وتختفى نقط التلامس بين الشقفات المترابطة ويكون من المشكوك فيه إعادة تركيبها. ينطفئ بريق الأسطح (تتعتم) وتتشرط. تكون هذه الصلابة مرتبطة بشكل مباشر مع درجة تزجج العجينة. الخزف المُسوى عند درجة حرارة أعلى من ٧٥٠ درجة سلسيوز يُظهر غالباً تآكلاً شديداً جداً عند الحواف وعلى الأسطح.

عدم تجانس المكونات المختلفة للخزف في داخل الشقفة (طور متزجج مع خامات متبلورة مثلاً) أو بين الشقفة والتكسية، يكون مصدراً آخراً محتملاً للتغيير. هذه العناصر المختلفة لها فعلاً سلوك حراري مختلف، فهي تتمدد وتنكمش باختلاف التغيرات في درجة الحرارة المولدة لقوى شد كبيرة في داخل المادة، ويكون بلاشك سعة مدي هذه الظواهر على مر التقادم غير مقارن مع مدى ما تتحمله هذه العناصر على مر التسوية والتبريد، ولكن مع هذا تشارك في شُغل حقيقي لإحداث عدم تماسك داخلي وإضعاف الالتصاق بين الشقفة/التكسية تدريجياً. إذاً التغيرات فى درجة الحرارة تؤثر بالتأكيد على التجزع والتقشر التدريجي للطلاء اللامع على مر الزمن بسبب قوى الشد المذكورة التى تسببها. مقاومة الخزف لعوامل التغيرات الميكانيكية تكون بالتالي، حسب ما صورنا بشكل تخطيطي بعض مظاهرها، وثيقة الصلة بتقنية الخزف: كل نوع رئيسي من الإنتاج يظهر فيه نقاط ضعف ونقاط قوة عند مجابهة التدخلات الميكانيكية والحرارية، غير أن المادة الخزفية يمكن لها أيضاً التحول في تركيبها وفي نسيجها بسبب الدفن.

الفعل المتبادل تربة / خزف

هناك عاملان يتحكمان في هذا الفعل المتبادل، من جهة المادة: المسامية، ومن جهة الوسط: طبيعة المحاليل السارية فيه.

المسامية لمادة ما توضح الأهمية النسبية للفراغات التى تحتويها تلك المادة. وهى تُؤخذ كنسبة مئوية، لحجم الفراغات منسوبة للحجم الكلي. يؤثر حال النسيج قبل التسوية على هذه الخاصية (فنسيج غليظ محتوياً على إضافات ذات مقاس كبير يعطينا مادة أقل إندماجية من نسيج دقيق مع مخشنات تربة مطحونة بعناية)، ولكن المسامية تتطور أيضاً على مجرى عملية التسوية، كما أوردنا فيما سبق (هذا التطور يكون من جهة أخرى معقداً، بشكل أكبر بكثير مما يوحي به عرضنا له، ويتغير على حسب

المنتجات الخزفية، (Tuleff, 1961). لإعطاء مقياس تصوري فإننا نقدم بعض القيم من هذه الفئة: فطينة جفت بالشمس وحدها يمكن أن تُظهر حتى ٥٠ ٪ من المسامية، والتى سويت فى درجة حرارة منخفضة (٧٠٠ - ٧٥٠ درجة سلسيوز)، حتى ١٥ ٪، وعند درجات الحرارة الأعلى (١٠٠٠ - ١٢٠٠ درجة سلسيوز) من ٦ الى ١٠ ٪، والطينة جزئية التزجج (صلصال رملي grès)، من ١ الى ٢ ٪، وتامة التزجج، أقل من ١ ٪.

المسامية المقاسة عادةً هي تلك التى يمكن الوصول إليها والمكونة من الفراغات المتصلة فيما بينها المنفتحة على الوسط الخارجي. ولكن في حالة ما إذا كانت المسامية منغلقة والفراغات لايمكن الوصول إليها، فيؤثر هذا على الخواص الميكانيكية للمادة وتكون المسامية المفتوحة هي وحدها التي تتحكم فى التبادل مع الوسط. شكل ومقاس هذه المسام المفتوحة يحظى هنا بأهمية كبيرة، لأن السوائل والغازات لا تسري بنفس الطريقة فى القنوات الدقيقة الضيقة جداً وفي شبكة من الفجوات الضخمة: إلى جانب المسامية (وهى مفهوم كمي) يوجد مقياس الفجوات porométrie للخزف وهو عبارة عن توزيع للفجوات على حسب مقاسها ويعتبر هذا خاصية أساسية.

الماء الساري في وسط الدفن يكون العامل الأساسي للتفكك وللتغير الكيميائي للمواد المسامية كما هوالحال فى أغلب الخزف والصخور، فهو يمكن أن يذيب أو يميئ بعض المكونات ويجر بهم الى خارج الخزف، ويمكن له على العكس من ذلك أن يُثرى الخزف بالعناصر القادمة من الوسط، وأخيراً فإن تواجده في المادة يمكن أن يثير تغيرات خطيرة تعقب حوادث التجلد وحركة الأملاح القابلة للذوبان. الأجواء البيئية التى تخضع لتعاقب متكرر من التميؤ والجفاف تكون ضمن أكثر الأجواء شراسة.

تميؤ وتجلد الخزف

بعد إزالة التميؤ الكامل في القطع الخزفية المسامية خلال التسوية، فإنها تمتز الرطوبة المحيطة بها ثانيتاً، وتثبت جزء من الماء الممتص. إعادة إكتساب الرطوبة تلك والتى أشار إليها العديد من المؤلفين، تُولد على مر الزمن بعض التمدد للمادة. وقد تم ذكر تأثيرها الدقيق خصوصاً بالنسبة للخزف الذي تمت تسويته عند درجات حرارة عالية بشكل كافي، والتي تتضمن طوراً زجاجياً وشبكة كبيرة من المسام المِكروية، مثل الخزف المزخرف faïence الرقيق: فالطبقة اللامعة التى تغطيه تكون تحت شد من فعل هذا التمدد للشقفة التحتية، وبهذا يُفسر بعض التجزع الذى يظهر عند القدم. الخزف الذى تم تسويته عند درجة حرارة منخفضة والذى مازال يحتوي على جزء طيني لم يتغير بالتسوية، يضعف تماسكه جداً ببقائه مدة ممتدة في وسط رطب. فى حالة الجليد (الصقيع) فإن الماء المُحتوى داخل الخزف يتجمد مع زيادة كبيرة فى الحجم (٩ ٪): وهويبذل ضغوطاً بالغة على جدران المسام المحبوس فيها. بالنسبة للضغوط الناتجة عن الجليد داخل الصخور فقد قُدرت قيمها فى حدود ٢٢٠٠٠ كجم/م٢ (Robert, Delmas, 1984, p. 196). الخزف ذو النسيج الدقيق والسائد فيه المسام المِكروية يكون معرضاً لذلك بصفة خاصة، لأن الماء ينساب فيه بصعوبة وهو يملك حيز ضيق للتمدد عند تحول الماء إلى ثلج. تلك القطع يمكن أن تنفجر تماماً بفعل الجليد.

عندما يتقدم التنقيب، فإن سمك الغطاء المعروف في علم التربة couverture pédologique الذي يحمي القطع المدفونة من التغيرات الحرارية الشديدة للجو يترقق. في حقل الحفائر الذي يتم إجراء التنقيب به في الشتاء فإننا نكشف بشكل منتظم عن خزف (بالأخص خزف مزخرف) يحمل بوضوح كسور «حديثة»، لا يكون هذا بفعل مسجة (مدية) المُنقب، إنه الجليد... يجب علينا حماية التربة من التجلد أثناء التنقيب، وبالذات ليلاً، وبكل تأكيد إيواء القطع مباشرةً بعد الكشف عنها. تجلد الخزف، كمثل تجلد الصخور لا يتسبب في الحوادث العنيفة فقط، فتعاقب دورات

«تجلد/ذوبان» الجليد يشكل عاملاً قوياً من عوامل التعرية البطيئة لهذه المواد، مجلباً فقد تدريجي في التماسك الداخلي. قطعتين متماثلتين من الخزف يمكن أن يصبحا شديدتا التباين، عندما تتعرض واحدة للتجلد والأخرى لا وهما في وسط دفنهما.

إسهامات الوسط: أملاح قابلة للذوبان وترسيبات غير قابلة للذوبان

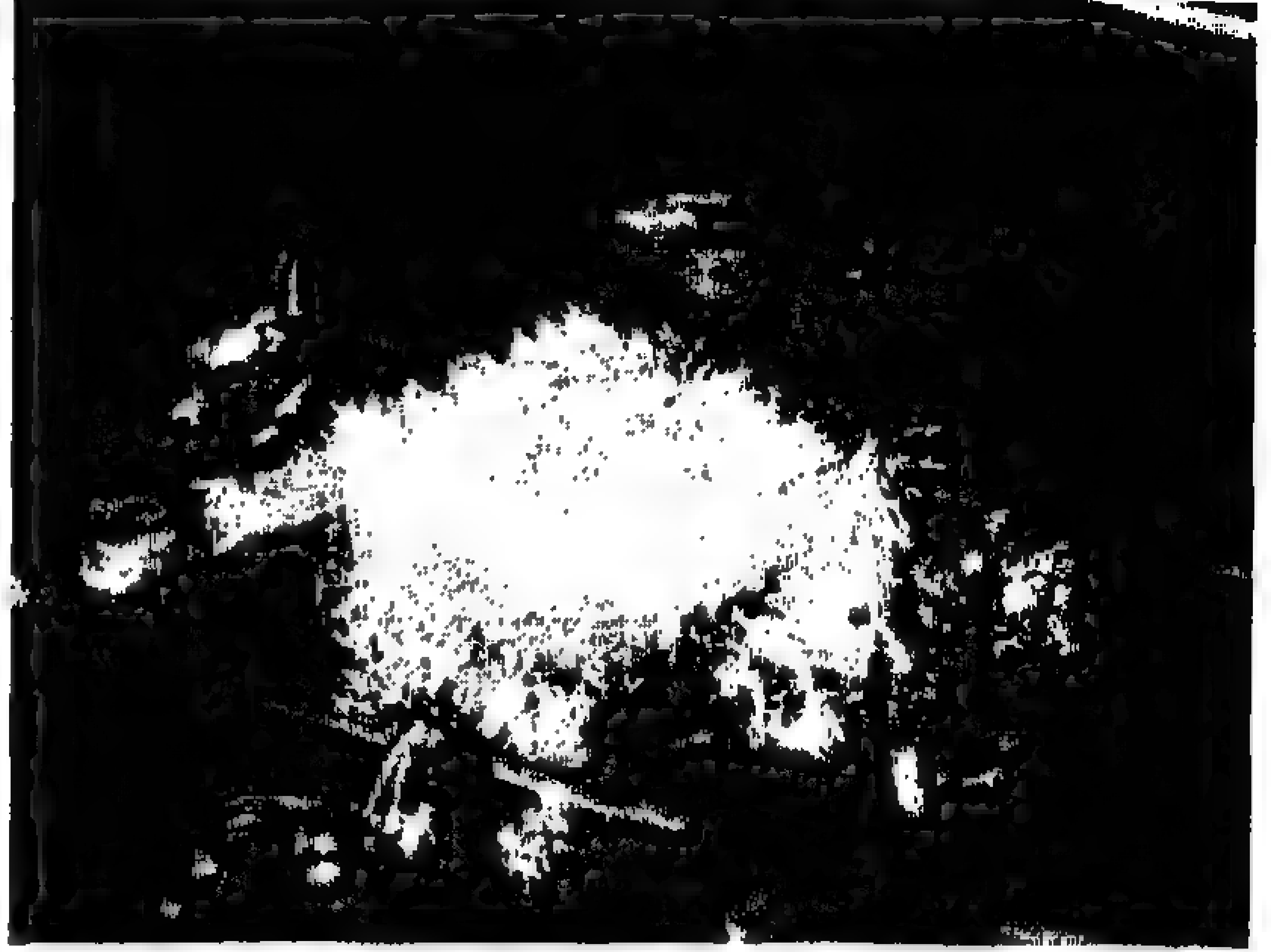
المحاليل التي تسري في التربة تُشرب المواد المسامية وهي تحتوي على أملاح مذابة. في الأطوار التي يغلب عليها التبخر فإن هذه الأملاح تترسب على سطح وفي مسام الخزفيات. وهكذا مع تكون البلورات، فإنها تحتفظ بقابلية ذوبان عالية في الماء، جرت العادة على تسميتها «أملاح قابلة للذوبان».

غير أن الماء يمكن له أيضاً أن يحمل إلى داخل الخزف أو يُرسب على سطحه أملاح قد لا تبدي بعد ترسبها إلا قابلية ضئيلة جداً للذوبان في الماء: وهي تُكوّن إما رسوبيات صلبة أو طبقات ترسيب داخلية لا نستطيع التخلص منها بهذا المذيب البسيط، ويطلق عليهم غالباً «أملاح غير قابلة للذوبان»، هذا على الرغم من أن ظروف تكوينها في التربة تجعل من هذا التعبير في غير محله بعض الشئ.

الأملاح القابلة للذوبان تكون معاملاً رئيسياً في التغيير للخزفيات، وذلك عن طريق آلية مقاربة لتلك الخاصة بالتجلد. فهي تتبلور عند احتباسها في مسام المادة بعد تبخر الماء الحامل لها مؤديةً إلى ضغوط جسيمة على الجدران. يبدأ تبلورها على أسطح التبخر: وهذا هو التزهر efflorescence، وهو عبارة عن طبقة ترسيب بيضاء ذات أشكال متعددة، مسحوق أبيض، إبر، خيوط (شعيرات) متشجرة، وفي بعض الأحيان إنتفاش foisonnement مثيراً للدهشة (صورة ٢). تكونهم يمكن أن يُحدب ويشقق التكسيات، ودهانات الفخار، وبالأخص الدهانات اللامعة.

إذا تركز المحلول المُشرب للخزف حتى التشبع، فإن الأملاح تتبلور في الشقفة. استرطاب بعض تلك الأملاح ومقدرتها على التغيير من درجة تميؤها (مع تغيير في الحجم)، بدلالة الرطوبة النسبية المحيطة، يزيد من

خطورتها. التغييرات التي أثارتها الأملاح القابلة للذوبان تعمل إذاً بدءاً من السطح وتمتد إلى الداخل: فالخزف المتغير بفعل الأملاح القابلة للذوبان يبدو غالباً «متآكلاً» (الصور من ٣ إلى ٦).

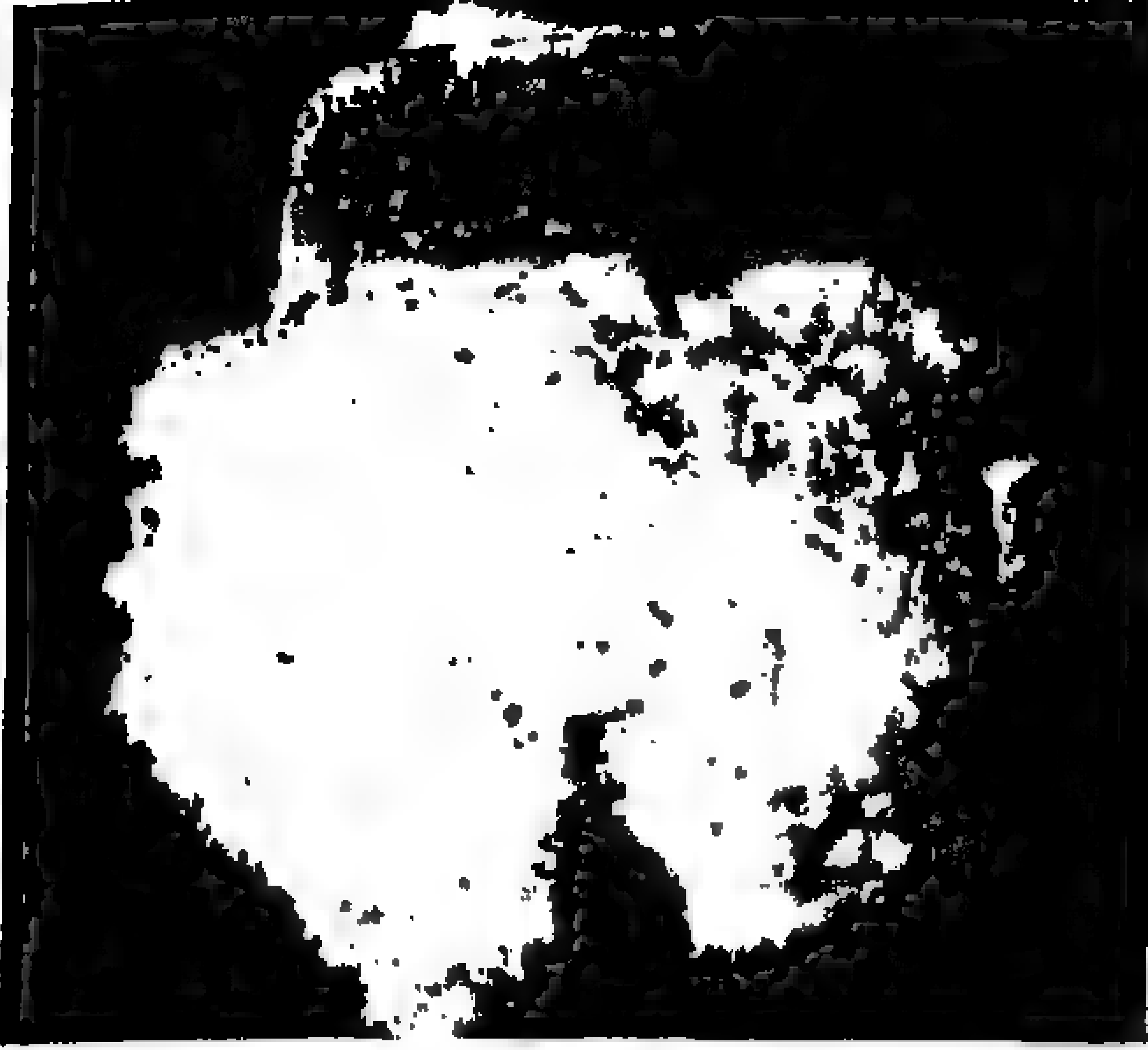


صورة ٢. تزهر فوق سراج روماني بداخل دولاب عرض زجاجي لمتحف (صورة لـ Gaël de Guichen, ICCROM).

الكثير جداً من الأملاح القابلة للذوبان يمكن أن نلاقيها في الخزف الأثري. الأكثر تواجداً هي بلا شك كبريتات الصوديوم، والبوتاسيوم، والماغنسيوم، وكلوريدات الصوديوم والبوتاسيوم. ولكننا نقابل أيضاً نترات وكربونات وفي بعض ظروف الدفن الخاصة نجد أيضاً الفوسفات.

قد نتهيب البعض منها أكثر من الآخر، وقد يكون من المثير للإهتمام، عندما تتوفر لنا المعدات اللازمة، أن نكشف عن الأملاح الحاضرة التي نلاقيها. غير أنه عملياً لا يكون هذا التشخيص دائماً ممكناً ولا دائماً ضرورياً للمضي في معالجات إزالة الملح.

لن نستعرض هنا سوى اختبارين شديدا البساطة وهما المتعلقان بالكلوريدات والكبريتات. فيمكن الكشف عنهما بأخذ عينات من بضع مليجرامات من التزهر، تكون قد حُولت إلى مسحوق ناعم وأُذيبت في الماء المقطر أو المنزوع التمعدن. بعد التقليب، نتوقع أن يكون المحلول صافياً (رائق) (يمكن أن تتواجد طبقة ترسيب من الأملاح غير القابلة للذوبان)


صورة ٥


صورة ٣


صورة ٦


صورة ٤

الصور من ٣ إلى ٦. تكون تدريجي للتزهر على آنية aryballe صغيرة، والتغيير المترتب عنه على سطحها (صورة لـ Gaël de Guichen، ICCROM).

ونوزع المحلول في أنبوبتين اختبار صغيرتين (يمكن لنا أيضاً إجراء اختبار مباشر لمحلول من الماء المقطر أو المنزوع التمعدن الذي نكون قد نقعنا فيه شقفة). نضع في أنبوبة قطرة أو قطرتان من حامض الكلوريدريك المُخفف ثم قطرة أو قطرتان من محلول بتركيز ١٠٪ من كلوريد الباريوم: تكَّون راسب أبيض من كبريتات الباريوم يكون دليلا على وجود الكبريتات. في الأنبوبة الثانية نضيف قطرة أو قطرتين من محلول نترات الفضة: تكَّون راسب أبيض من كلوريدات الفضة يكون دليلا على وجود الكلوريدات. إذا كان هناك أدنى شك حول نقاء الماء المستخدم أو نظافة الأدوات المستخدمة، فإنه يكون من المفيد لنا مقارنة المحلول المراد اختباره مع محلول «أبيض» من الماء المستخدم والذي نقوم بنفس التحاليل عليه. يوجد أيضاً في الأسواق شرائح ذات متفاعل ملون، وهي تسمح بتشخيص بعض الأملاح (كالنترات مثلاً) وأخيراً فقد تم وصف طرق بسيطة وأكثر شمولاً في الكثير من الأعمال المنشورة (مثلاً Teutonico, 1988, p. 58-69).

تُكّون الأملاح «غير القابلة للذوبان» مثل كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم والسيليكات غالباً على سطح وحواف الخزف قشورَ مُغلِفة encroûtements كبيرة الحجم وهي منبسطة أو نقطية وفي بعض الأحيان تُكَّون «غلالات» منتظمة بشكل كاف، وفيها قد تتحد مع بعض الأملاح القابلة للذوبان. ولكن يمكن لهم أيضاً الترسب في مسام المادة وتغيير سلوكها بشكل جسيم من دون أن يكون وجودهم مع ذلك واضحاً للوهلة الأولى.

الكالسيت (كربونات الكالسيوم) المحمولة والمتبلورة بداخل قطع الخزف المسامية، تحت ظروف معينة، يصبح مُصَلباً طبيعياً لا نظير له يكون باستطاعته أن يُصلب الشقفات لدرجة خداعنا حول التعليل التقني الفوري لها: قد تبدو القطع الخزفية وكأنها «جيرية» و«جيدة التسوية» و«قليلة المسامية»، في حين أن الجير الذي سد المسام وصلب الشقفة يكون نابعاً من الوسط. في حالات أخرى، يكون الكالسيت المُلاحظ بعد الدفن بشكل كامل أو جزئي نتاج لتحول المحتوى الجيري الأصلي للخزف (مثلاً التحول

إلى كربونات recarbonatation للجير المتبقي، والذي لم يتحد ثانيةً أثناء التسوية). هذه الظواهر المعقدة للتكلس calcitisation الثانوي يمكن الكشف عنها بالإختبار البتروجرافي pétrographique للشقفات. الكالسيت المترسب على هيئة غلالات منتظمة على سطح الخزف يمكن له أيضاً أن يداري زخرفة ما، أو حتى يؤخذ عن طريق الخطأ على أنه زخرفة (مثل هذه الأمثلة تم ذكرها في المراجع والكتابات الأثرية).

الجبس (الجص) gypse، هوعبارة عن كبريتات الكالسيوم المتميأة، يمكن لها أيضاً أن تُشبع الخزف المسامي وتغير بشدة من التماسك. التشبع بالجص يكون غالباً مصاحب بهجوم قلوي للجزء المحتوي على السيليكون من الدهان اللامع ومن الخزف الذي تم تسويته عند درجات حرارة عالية (أنظر الباب التالي). يمكن للقطع الخزفية أن تبدو في حالة جيدة بشكل كافي، وفي بعض الأحيان متغيرة على السطح: ولا يمكن الكشف عن ضعف تماسكها إلا عند التنظيف بالماء والتجفيف.

زوال بعض المكونات

سنرى في الباب التالى (الزجاج) كيف يمكن أن يحدث تغيير كيميائي للأسمنت الزجاجي أو للتكسية المتزججة لقطعة خزف. يكون ذوبان الجزء الجيري من الخزف في وسط حامضي مصدراً آخر خطير للتغيير بالنسبة للقطع التي تحتوي أصلاً على الكثير منه (طينة جيرية، مخشنات تربة جيرية مضافة). تزداد لذلك نفاذية الشقفة ويقل تماسكها وكثافتها. الزخارف الجيرية (بمعجون جير وطباشير، إلخ...) تزول في الوسط الحامضي.

بعض التبادلات الأخرى التي تجري بين التربة والخزف: والتي منها التلوث البسيط وفقد العناصر

لقد ذكرنا حتى الآن التبادلات التي تؤثر بجلاء على حالة حفظ الخزفيات المدفونة والتي تكون آثارها معروفة جيداً. الدراسات الأثرية قد كشفت عن الكثير من التبادلات الأخرى والتغيرات الناتجة عن الدفن، والتي فهمها

يمكن أن يكون ثقيل التبعات على تفسير تحاليل التركيب الأولي المنطبقة على هذه المادة (البحث عن المصدر، إقامة مجموعات متجانسة، دراسات تقنية). هناك خروج عن القياس بشكل كبير بالنسبة للتركيزات عند بعض العناصر التي تكون مرتبطة بظواهر تلوث عن طريق الإضافة أو النقصان ومما قد تم ملاحظته ومناقشته: بوتاسيوم، صوديوم، فليور، مانجنيز، باريوم، ماغنسيوم، فسفور، إلخ... التلوث بالأملاح الحديدية، النابعة من تآكل قطع مجاورة في التربة (بقع، راسب صلد)، أكسيد الحديد المُختزِل الذي يحتويه الخزف، التشرب بالمركبات العضوية للتربة، كل ذلك قد تم وصفه أيضاً مع تبعات كل منها على تلون القطع المصابة. التغيرات الملاحظة والراجعة إلى الدفن لا تكون دائماً تامة التفسير. ولا يبدو كونها دائماً بدون ارتباط مع حالة الحفظ الظاهري للقطع. وقد نخرج منها بانطباع عن تجانس بطيئ بين المادة والوسط على مر التبادلات، والذي يصيب بشكل تفضيلي الطور الطيني الوسيط، ومن الجائز أيضاً الرابط الزجاجي للقطع الخزفية ذات مقياس الحبيبات الدقيقة. لمزيد من المعلومات سنُرجع القارئ لبعض المقالات أو الدراسات القصيرة، وبالأخص لأعمال (Liliane Courtois) التي نذكر هنا منها إثنين كمثال (Courtois, 1976, 1980; Picon, 1976; Dufournier, 1976, 1979; Picon et Lemoine, 1980)، تم الإقدام على عمل تجارب «محاكاة» simulation، لتأثير الوسط وذلك لإيضاح مغذى غياب بعض الخامات المتكونة أثناء التسوية والتي تكون علامة على درجات الحرارة المتوصل لها، كما أوردنا فيما سبق (Heimann, Magetti, 1981). تُسلط هذه التجارب الضوء أيضاً على هشاشة بعض المعلومات الجاري البحث عنها من قبل المشتغلين بعلم الخزف céramologue، والتي يمكن أن يؤدي التنظيف العدواني، بالذات بواسطة حامض، على العمل على محوها بشكل مؤكد كفعل قرون من الدفن.

أعمال القياسات الأثرية travaux archéométriques المطبقة على الخزف قد لاقت في تلك السنوات الأخيرة نمواً كبيراً. يكون الكثير من المعلومات الناتجة بغير عواقب مباشرة على حفظ القطع. التقديرات التقريبية بشكل كبير

والمتعلقة بطبيعة و«بحالة» المادة تكفينا عملياً اليوم لضمان القيام بمعالجات الحفظ والترميم التي سنقوم الآن بالتعرض إليها. هذه المعالجات تحول بدورها المادة، بشكل صعب جداً تقديره. يجب أن نفكر في هذا قبل إجراء المعالجة (أخذ عينات لأجزاء لم يتم معالجتها) وأثناء المعالجة (ملاحظة تفصيلية وتدوين للطبيعة الدقيقة لهذه التدخلات كتابةً في كتيب «دوسيه المعالجة»).

حفظ وترميم الخزف

(André, 1976; Wihr, 1977; Larney, 1978)

التنظيف

تنظيف الزجاج وكذلك الخزف لهما كثير من النقاط المشتركة ولتجنب الإعادة فيما بين الأبواب، سنبين هنا أوجه تميز الزجاج مع إلحاقنا لهذه المادة في التناول العام.

غسل شقفات الخزف هو عملية تقليدية تتم في حقل الحفائر، بدون إتخاذ إحتياطات كبيرة. وأغلب المنقبين مرت عليهم الليالي الطويلة يتجادلون (وأيديهم في الأحواض الصغيرة) وهم يعتبرون ذلك وقتاً للاسترخاء بعد العمل الحقلي.

يكون من ضرب الخيال بشكل واسع أن نأمل في تغيير جذري لهذه العادات ويكون من الخطأ الإدعاء أنها تمثل في جميع المواقف خطراً أعظم على القطع الخزفية، التي غالباً ما يمكن تبرير تنظيفها بالحاجة الماسة للتعرف سريعاً على الأشكال والزخارف، التي تُشكل دلائل مفيدة بشكل فوري للأثري. غسل الزخارف والقطع الزجاجية ذات الحالة الجيدة قد تم وصفه في الباب السابق: كما هو الحال دائماً، فنحن نقتصر في حقل الحفائر على ما هو ذو فائدة بحق، في هذه المرحلة ونرجئ إلى ما بعد، القرارات التي تتعلق بجواز إزالة البقع، والرسوبيات الصلبة، إلخ...

غسل الخزف الهش

كما رأينا فيما سبق، فإن بعض القطع الخزفية يبدو عليها عند الخروج من التربة هشاشة شديدة ويكون هذا راجعاً لمجموعة من الأسباب المرتبطة بطبيعة العجينة الخزفية (تواجد خامات طينية أولية لم تتحول إلا قليلاً بفعل التسوية، أو كميات كبيرة من مخشنات التربة المرتبطة بشكل سيئ عن طريق طور طيني وسيط أو طور زجاجي غير كافي، إلخ...)، أو المرتبطة بالزخارف الموجودة بها (تكسية تم تسويتها سواء كانت متزججة أم لا ولكنها تكون متغيرة أو ضعيفة الالتصاق، أو الوان تم وضعها بعد التسوية)، أو أخيراً المرتبطة بالوسط (إذابة الجزء الجيري، تأثير التجلد والأملاح القابلة للذوبان، إلخ...)، ولكل هذا يتحتم علينا عدم تعريضها لعمليات الغسيل العادي بالماء، التي يمكن أن تكون سبباً في تحويلها إلى وحل طيني.

بخلاف القطع التي يكون تزعزعها ظاهراً من بداية التنقيب عنها والتي تستلزم وهي في حقل الحفائر لطرق رفع خاصة كالتي مرت علينا في الباب الثاني، يكون من الواجب علينا التفحص عن قرب لكل القطع التي يظهر عليها الأعراض التالية: مسامية عالية (إمتصاص فوري لقطرة تم وضعها على حافة منها)، عجينة طرية، كسر متآكل (بال)، شق وتجزيع في الشقفات أو تكسيتها، سطح تفتت طبقة منه حتى لوكان بشكل نقطي، آثار الوان محفوظة جزئياً (على الزخارف المطبوعة مثلاً). وسوف نجانب الصواب إذا تركنا أنفسنا نسترشد بالفراسة وحدها، أو أن نقصر إعمال الحرص مثلاً على خزف ما قبل التاريخ المشهور عنه «رداءة التسوية». الحساسية من الماء لبعض العجائن أو بعض الزخارف يمكن أن تتعدى بكثير ما ينبئنا عنه مظهرها المتوسط التحول، وهذا يشمل القطع الفخارية العادية، والقطع المصبوبة أو التماثيل الصغيرة من الطين المحروق من العصور التاريخية. تشير التجربة أيضاً على أنه في بعض المواقع، تكون القطع الخزفية التي تم العثور عليها في الجوار، لها تفاعل شديد التنوع مع الماء، وذلك على الرغم من

أن طريقة صنعها تبدو متناظرة ظاهرياً. يجب إذاً أن تُختبر كل قطعة: عن طريق معرفة سلوك شظية منها بالنسبة للترطيب والتجفيف. أقل قدر من الهشاشة (تطرية، زخارف غير جيدة التثبيت، تشقق أو تفتت لطبقة السطح عند التجفيف) تقود إذاً إلى الأخذ بالتنظيف الميكانيكي الجاف (فرشاة رسم، ملعقة الصيدلي (فِرة)، عود خشب مسنون) ويكون من الأفضل القيام بهذا قبل أن تجف الرواسب الملتصقة تماماً. ويمكن الإضعاف من تماسكها نقطياً بالكحول أو بخليط من ماء/كحول يتم وضعه بحذر. لا يجب القيام بإعادة تركيب هذه القطع في حقل الحفائر. أما في المعمل، فإن التنظيف الدقيق (تخليص للحواف والنقوش البارزة للزخارف، وبقايا الألوان) يتم استكماله ميكانيكياً، وإن استدعى الأمر تحت المجهر مزدوج العينية، وقد يُحتمل أن نقوم بتدعيم أو إعادة تثبيت متزامنين.

الإحتياطات الخاصة بالزجاج المصاب بالتغيير altéré

تطرح قطع الزجاج المتكسرة التي أصاب سطحها التغيير لمشاكل أكثر تعقيداً. فهذا السطح الذي هو عبارة عن طبقة بسيطة بها شقوق Irlseé، أو قشرة بالمعنى الحقيقي يكون متآكلاً وفاقداً لأي مظهر زجاجي، وقادراً في الواقع على الانفصال والتساقط على شكل قشور بسهولة كبيرة أثناء التجفيف. عندما لا تحمل هذه القطع أية زخرفة خاصة، فإنه يمكن أن تتملكنا الرغبة في استبعادها حتى نستعيد «نضارة الزجاج» التحتي السليم. هذا القرار المُتخذ والذي يُبَسط بالتأكيد من عمل المرمم يتضمن مع ذلك استقطاع لشريحة من المادة الأصلية نفسها والتي تكون منتمية لهذه المستويات المتغيرة، وشاهدة على الدفن. ولن نوصي هنا بذلك. يكون التنظيف إذاً تدخل ذو حساسية متزايدة على حسب الزيادة في شدة تغيير السطح. في حقل الحفائر فإننا يجب ألا نقوم بهذا إلا للقطع التي تكون في حالة حفظ جيدة، وأن نهيئ القطع الأخرى بدلالة الرطوبة بها أو حتى نقوم بعمل تدعيم أولي كما رأينا في الباب السابق.

يكون تنظيف شقفات الزجاج التي عُثر عليها في تربة رطبة بالطبع أسهل عندما لا نسمح لها بالجفاف، وتتم معالجتها في حدود فترات زمنية معقولة بعد إكتشافها: وذلك باستخدام: فرشاة ناعمة، عود به طرف قطني، ماء منزوع التمعدن يجوز إضافة خافض للتوتر السطحي غير أيوني إليه وذلك في حالة ما إذا كانت القطعة تتحمل الشطف الذي يتبع ذلك. يكون غالباً من الضروري القيام بالتدعيم أثناء التنظيف أو قبله. لا يمكن دائماً التنبؤ بالسلوك أثناء التجفيف: يكون من المفيد إجراء إختبار على كِسرة منعزلة. يجب أن يتم إجراء التجفيف بشكل بطئ. إذا اخترنا أن نطرد الماء باستخدام مذيب عضوي مثل الكحول أو الأسيتون فإن العملية يمكن لها أن تكون تدريجية (أربعة حمامات متتالية بنسبة ماء/مذيب كالتالي ٧٥ /٢٥، ثم ٥٠/٥٠، ثم ٢٥/٧٥، مذيب خالص)، وتجفيف نهائي تحت الناقوس لتبطئة التبخر. لا يعاد بلل الشقفات الجافة ثانيةً (إلا إذا كان الزجاج في حالة ممتازة من الحفظ) ولكنه ينظف تنظيفاً جافاً بالكحول مثلاً.

التخلص من الأملاح القابلة للذوبان

كما سبق أن رأينا، فإن الأملاح القابلة للذوبان تُشكل بالتأكيد العامل الرئيسي للتغيير الحاصل للخزف في أثناء وبعد الدفن.

وهذا يبدو أيضاً صحيحا بالنسبة لعدد من المواد الخام المسامية، أو التي أصبحت مسامية نتيجة للتغيير الذي جرى فيها. الزجاج والخزف لا يكونا بمعزل عن هذا الخطر. كذلك القطع القادمة من الحفائر تحت سطح البحر يجب أن تُراقب بشكل خاص.

ومن الغريب، أنه على الرغم من ذلك فإنه لا يوجد تحت تصرفنا اختبارات مقارنة جادة منشورة لترشدنا لاختيار الطرق المختلفة المستخدمة هنا وهناك للتخلص من هذه الأملاح، على الرغم من أن بعض الدراسات الممتازة بالنسبة للأحجار مثلاً قد تم نشرها (Jedrzewska, 1975; Domaslowski, 1982).

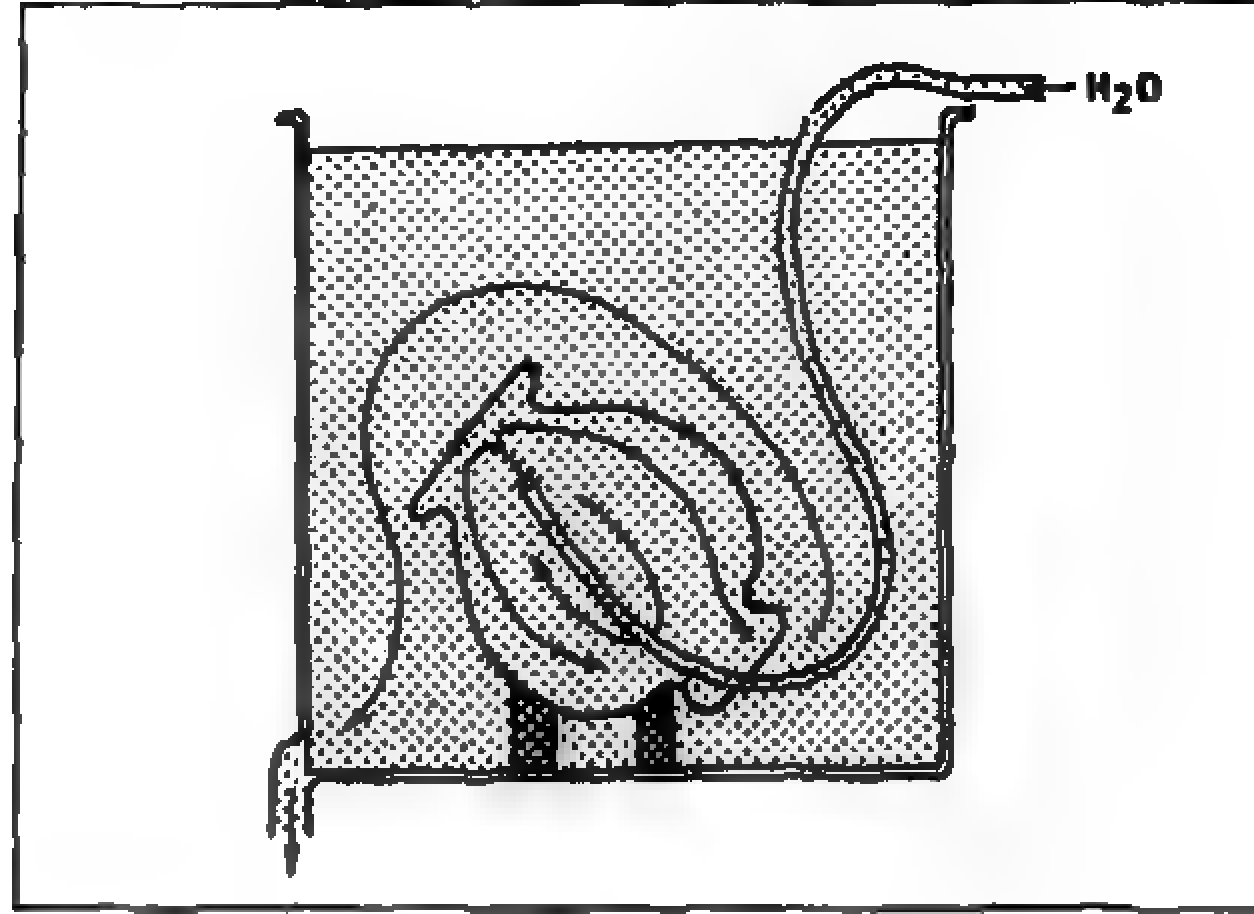
قبل المعالجة، يجب أن تُخزن القطع المصابة في وسط ذو رطوبة نسبية مستقرة وضعيفة في حالة ما إذا كانت قد وجدت وهي جافة، على أن تخزن على حالتها الرطبة أو تغمر في الماء إذا كانت قد وجدت في حالة رطبة. ونقلاً عن الأشخاص القائمين بالصيانة المعتادين على العمل في مثل هذه المواقع، لا يجب أن تُغطس القطع الناتجة عن التنقيب تحت سطح البحر والمعبأة بماء البحر في الماء العذب بشكل فوري، فهذا قد يخلق بها ضغوطاً أسموزية تكون قابلة لإصابتها بالضرر (Pearson, 1987). يتم إذاً الاحتفاظ بها في ماء البحر الذي يخفف تدريجياً بالماء العذب.

بالنسبة للخزف القادر على تحمل الغمر المُطول، يكون التخلص من الأملاح بالشطف هو الحل البسيط والفعال، ولكنه يكون مُكلف للماء والوقت. الأملاح المحتواة داخل القطع تذوب وتهاجر بالانتشار في داخل محلول الشطف حتى إقامة توازن بين تركيزي المحلول المُشبع للقطعة والمحلول المجاور لها مباشرةً.

إذا كان على الخزف التعرض للتنظيف الكيميائي (رسوبيات صلبة - بقع) فإن التخلص من الأملاح الذي يتم بعد (الإنتهاء من عمليات التنظيف) يسمح أيضاً بإجلاء الرواسب المحتملة لهذه المعالجات.

هذا الشطف يمكن أن يتم باستخدام الماء العادي في حمامات إستاتيكية يتم تغيير ماؤها بانتظام أو في أحواض ذات سريان مياه مستمر نراعي فيه وضع القطع (التي قد تكون قاعدة تمثال مثلا) وتركيبة تغذية وطرد الماء بحيث نحصل على أكبر مساحة ممكنة من القطع محاطة بالماء (حمام إستاتيكي) أو معرضة للتيار المتولد (حمام ديناميكي) (شكل ٣). نختتم هذه المعالجات بسلسلة من الشطف بالماء المنزوع التمعدن أو المقطر (أنظر تذكرة رقم ٣)، وهذا قد يستهلك كمية وفيرة من المياه. يمكن لنا معالجة ذلك إذا توفر لنا برج تبادلي للأيونات colonne échangeuse d'ions، والذي يعيد تدوير الماء المستعمل عن طريق إزالة التمعدن منه، أو يمكن لنا حتى العمل بنظام الدائرة المغلقة إذا كان هذا البرج مزوداً بمضخة ومرتبطاً بنظام الأحواض ذات السريان المستمر، ولكن تلك الطرق ترفع بشكل هائل من

تكلُفة العمليات. مثل تلك المعالجات يمكن أن تستغرق بدءاً من بضعة أيام وحتى عدة شهور. بالنسبة للحمامات الإستاتيكية، فإن إضطراب الماء والرفع من درجة الحرارة يبدوا وكأنهما يحققان كسب ملحوظ في الوقت (Hodges, 1987b)، وذلك عن طريق كونهما يسراعا من ظواهر الأنتشار.



شكل ٣. إزالة الملوحة: كيفية وضع القطعة.

قد تم تجربة تقنيات أخرى للإسراع من استخراج الأملاح وبالأخص عن طريق: الموجات فوق الصوتية، سريان الماء بالدفع، الإستشراد électophorèse، الديلزة (الفرز الغشائي بالكهرباء) électrodialyse. تمثل التقنية الأولى خطراً أكيداً بالنسبة للخزف الذي يكون معرضاً لذبذبات يصعب التنبؤ بكيفية مقاومته لها. الشكل الهندسي للقطع الخزفية يجعل التقنية الثانية، التي تم ابتكارها للقطع الحجرية، صعبة التنفيذ (Domaslowski, 1982, p. 86). الأستشراد الذي يعجل من هجرة الأيونات المتكونة عن طريق الأملاح المذابة وذلك بخلق مجال كهربي في الحمام، بالاشتراك مع الديلزة التي تسمح باستخلاص هذه الأيونات بشكل تفضيلي من الجزء من الحمام الذي يحتوي على القطع بواسطة أغشية نصف منفذة، يشكلان معا في حالة معينة اتجاه بحثي مغري لم يتم إستطراقه بشكل كافي فيما يخص الخزف (Bertholon, Pain, 1987).

كيف نتحكم في تقدم استخلاص الأملاح، وفي أي وقت نتوقف؟ حتى نجيب على هاتين النقطتين، فإنه مازال ينقصنا لسوء الحظ علامات دالة يُعتمد عليها، هذا على الرغم من بعض الجهد البحثي المبذول حديثا.

وهكذا فإن أعمال استرالية منشورة (Mac Leod, Davies; 1987)، قد درست شكل ظواهر الإنتشار للأملاح فى الخامات الإستاتيكية مع مرور الزمن وربطت موصلية conductivité تلك الحمامات مع نسبة تركيز الكلوريدات فيها وتركيز عدد معين من الأيونات، وقامت بتقدير الفترات الزمنية المتوسطة المتوقعة لمعالجات إزالة الملوحة لبعض فئات من المواد.

أى ملح قابل للذوبان ومتواجد في الماء يزيد من الموصلية الكهربية للماء: يكون القياس المتكرر للموصلية وسيلة يُعتمد عليها لتقدير تطور كمية الأملاح الذائبة في ماء الشطف. تختلف طريقة العمل التى تتم بالمنهاج التجريبي على حسب معامل الأبحاث المختلفة (عدد القياسات، الفترات الزمنية بين إجراء القياسات وتبديل الماء فى الطريقة الإستاتيكية، قياس مباشر لماء الشطف، أو للماء المقطر الموضوع فيه الشقفة بعد كل غسل، إلخ...) ونعرض هنا واحدة من أبسط الطرق. نقيس موصلية الماء قبل الاستعمال ونقارنها في نهاية أول حمام إستاتيكى - أو بعد انقضاء فترة زمنية ما في حالة الغسل المتتابع - بموصلية الماء المغمور فيه القطع. نكرر العملية لكل حمام جديد، أو بعد انقضاء فترة زمنية أخرى عند الغسل بالطريقة المستمرة en continu (مثلاً مرة أو مرتين كل ٢٤ ساعة). عندما تقترب قيمة موصلية ماء الشطف من قيمتها قبل الاستعمال وتثبت لثلاثة قراءات متتالية، تتوقف المعالجة بالماء العادي. نتبع نفس الطريقة لمراقبة نسبة تركيز الأملاح الذائبة لعمليات الشطف الأخيرة المستخدم فيها الماء المقطر أو المنزوع التمعدن والتي يتم قياس الموصلية فيها قبل غمر القطع. القليل جداً من المؤلفين (Olive, Pearson, 1975; Paterakis, 1987b) قدموا قيمة لعتبة seuil الموصلية القصوى، التي أقل منها تعتبر نسبة تركيز الأملاح لآخر ماء شطف مقبولة. عملياً، عندما تُعطي عدة عمليات شطف متتالية قيمة موصلية ضعيفة ومتقاربة من بعضها فإن المعالجة تتوقف. فى غياب جهاز قياس الموصلية conductimètre، أو على العكس إذا أردنا استكمال البيانات، فإنه يمكن لنا أن نحدد كمية وجود بعض الأيونات فى مياه الشطف بطرق مختلفة (أنظر مثلاً فى الباب الخامس، التحكم فى إزالة الكلوريدات من المعادن).

إذا انعدمت التجهيزات المعملية فإن القيمة شبه الكَمية semi-quantitative لبعض الإختبارات التى تم وصفها فيما سبق يمكن فى بعض الحالات أن تستخدم. وهذا هو الحال، مثلاً لاختبار الكشف عن نترات الفضة الذى يستخدم للمعايرة التقريبية للكلوريدات (كلما قلت الكلوريدات كلما قل الإعتام الذى يسببه راسب كلوريدات الفضة فى المحلول). ويبدو حتى أنه من الممكن، فى ظروف صارمة من الملاحظة وبمساعدة صور فوتوغرافية كدليل référence، (Smeczak, 1977; Peterakis, 1987a)، القيام بالتقدير التقريبى لنسبة الكلوريدات فى المحلول بالإستعانة بعتامة الراسب، بالنسبة للتركيزات الأقل من ١٠٠ جزء في المليون (ppm)، هذه الطريقة السهلة تكون مثيرة للإهتمام، إذا سلمنا أن التنظيف يجب أن يقود إلى تركيزات منخفضة عن هذه القيمة فى عمليات الشطف النهائية. والجدير بنا الا ننسى أنه بهذا يتم الوصول إلى التخلص من الكلوريدات وحدها وليس مجموع الأملاح القابلة للذوبان.

القطع التى لا يمكن غمرها فى الماء يتحتم علينا إيجاد حلول أخرى لها. الطريقة التقليدية هى وضع مادة رطبة وماصة على سطحها فيتخلل الماء بالخاصية الشعرية فى مسام الخزف ويذيب الأملاح مكوناً بذلك محلول مركز تهاجر فيه الأيونات صوب المحلول غير الملحي المشرب به الرباط الضاغط. الإتصال بين المادة الماصة والخزف يجب أن يكون وثيقاً بدون أية فواصل، القطعة تكون مقمطة (ملفوفة) emmaillotée في: قطن، لب الورق، ورق «النشاف»، أو سيبيوليت (سليكات الماغنسيوم المتميأة) sépiolite، إلخ...، والتي توضع رطبة على القطعة الجافة وتستبدل باستمرار (كل ساعة أو نصف الساعة)، بدون أن يُسمح للقطعة التي ترطبت بالمعالجة أن تجف بين وضع للأربطة وآخر. في هذه العملية المناسبة بشكل خاص للقطع الحساسة جداً، فإن الأملاح دائماً ما تهاجر بالانتشار. في بعض الأحيان يمكن أن نقوم بذلك بشكل مختلف باستخدام أربطة جافة على قطع تم تشبعها من قبل بالمياه: فالماء الكائن في القطعة المحملة بالأملاح، يتم شفطه عن طريق المادة الماصة، بينما تنتقل بهذا الشكل منطقة التبخير من سطح

القطعة في إتجاه الأربطة التي تتبلور فيها الأملاح بدون إتلاف لهذا السطح. تقوم هذه التقنية إذاً بشكل ما على ترطيب القطعة ثم تجفيفها باستخلاص المحلول المائي الذي يغمرها. طريقة بديلة تقوم على تجنب هذا التجفيف بالتغذية الدائمة للقطعة بالماء القادر على الهجرة بالخاصية الشعرية بدءاً من قاعدة القطعة المغمورة مثلاً. هذه المعالجات غالباً ما تُعطي نتائج جيدة، بدون أن يكون لنا القدرة على التحكم بمعنى الكلمة في فاعليتها. تبقى الصعوبة في تقدير ما إذا كانت القطعة، التي بسبب هشاشتها قد تم إستبعاد تطبيق الطرق التقليدية لإزالة الملوحة منها عن طريق وضعها في حمام، يمكن لها أن تتحمل هذا الجلب للمياه حتى وإن كان محدود الكمية والمدة الزمنية.

الخزف الذي لا يتحمل أي من الطرق المذكورة لا يمكن حمايته إلا بثلاث طرق:

- مراقبة صارمة جداً لرطوبة الوسط الجوي، التي يجب تثبيتها باستمرار، في حالة عدم تذبذب الرطوبة، فإن الأملاح «لا تتغير»؛
- غمر كامل باستخدام منتج يوقف التبادلات بين الأملاح المحتواه داخل القطعة والوسط؛
- تدعيم قبل التخلص من الأملاح.

سنرجع فيما بعد لهاتين النقطتين الأخيرتين.

التنظيف: حالات خاصة

تظهر على القطع الخزفية والزجاجية في بعض الأحيان رواسب صلبة وملتصقة: رسوبيات صلبة تكونت أثناء مدة دفنها أو غمرها، وهي يمكن أن تعوق إعادة التركيب عندما تعمل على تشكل الحواف أو تغطي السطح وزخارفه. يمكن لمظهر الخزف أن يتأثر أيضاً بالبقع التي تكون عبارة عن مركبات حيوانية أو معدنية مترسبة في العجائن المسامية أو في الطلاء اللامع المتجزع... إن إستئناف اللصق غير الكامل الذي تم في حقل الحفائر يمكن

أن يؤخذ في الإعتبار وقت ترميم القطعة. الرسوبيات والبقع واللواصق يمكن أن تكون صعبة الإزالة ويجب علينا أن نضع دوماً في الميزان نفع وفائدة هذه العمليات في مقابل الأخطار التي ستجلبها طرق التنظيف المختارة أياً كانت، على القطعة نفسها.

يجب علينا أيضا التسليم بنوع من أنواع التدرج الطبقي للأخطار، التي من بينها: التغيير المرئي بشكل عياني (كحادث نتيجة للمعالجة)؛ إصابة الأسطح التي بالكاد ترى بالعين (حت أو تجريح ناتجان عن التنظيف الميكانيكي)؛ التدهور، الذي لن يظهر إلا على المدى الطويل (مثلاً، التزهر للأملاح الناتجة عن التفاعل بين مساحيق التنظيف والخزف)، والتبدل modification، المنسوب للمعالجات الذي يكون ذو صفة مهملة من وجهة نظر الحفظ ولكن يمكن أن يكون ذو معنى عند إجراء بعض التحليلات الأثرية (هكذا فإنه لإستعادة مثال ذُكر مسبقاً، نورد ذكر إختفاء بعض الخامات ذات المدلول - (چلينيت gelhenite) - أثناء التنظيف الحامضي للرسوبيات الصلبة). يكون من البديهي أن هذه الأخطار يتم تقديرها حسب الوضع (مجموعة قطع أو قطعة وحيدة) ونوع الإستقصاء الذي تتطلبه القطع المعنية.

الرسوبيات الصلبة: الأملاح غير القابلة للذوبان

يمكن لنا إزالة الرسوبيات الصلبة، ميكانيكياً أو كيميائياً.

ميكانيكياً: بالحت بالمشرط (جفت)، بالشك بالإبرة، بالسحج (حك) باستخدام حجر تجليخ صغير دوار مركب على تعليق مرن أو مسفح رملي مِكروي microsableuse للرسوبيات كبيرة الحجم، يكون من الصعب جداً عدم الإضرار بسطح القطعة ويتضح غالباً عند فحصنا لها تحت المنظار الثنائي العينية في أثناء وعند نهاية التنظيف وجود حت وحز مترتبان عن هذه المعالجات. الخطر الأكبر يكون كلما كانت الرسوبيات أصلب من القطعة (رسوبيات من السيليكا على عجينة طرية مثلاً)، أو تكون ملتصقة بالتكسية (دهان فخار engobe، دهان لامع glaçure) أكثر من إلتصاق التكسية نفسها

بالشقفة. في هذه الحالة، فإنه لا توجد طريقة سحرية: يمكن لنا أن نحاول تطرية أو حتى استبعاد الرسوبيات بالطرق الكيميائية أو أيضاً البحث عن تحسين الإلتصاق بين التكسية والشقفة عن طريق التشرب بالمثبت، أو البحث بالذات عن حل وسط (ترقيق جزئي للرسوبيات، تنظيف مخفض لحواف الأجزاء الرابطة، إلخ...) وذلك لكي نحد من المخاطر.

كيميائياً: في مجابهة المركبات غير القابلة للذوبان أو الضعيفة القابلية للذوبان في الماء وفي المذيبات العضوية، تكون العناصر القادرة على تحويلها إلى مركبات سائلة (هذا المفهوم معروض في الباب الخامس) أو التي لها القدرة على التفاعل معها كمياوياً لتكوين مركبات جديدة قابلة للذوبان أو التطاير، هي وحدها التي سنستعملها.

الأحماض كانت ومازالت تستخدم بالأخص للرسوبيات المكونة أساساً من كربونات الكالسيوم أو التي تكون مسمنتة به. الأكثر ذِكراً هي احماض الكلوريدريك، النيتريك، الخليك (الأستيك)، والفورميك التي تستخدم مخففة بشكل يتغير حسب الشخص القائم بالحفظ (من ١٠٪ إلى ٢٠٪ في الغالب)، في حمام أو عن طريق تطبيق موضعي. لسوء الحظ لا يكون لهذه الأحماض فضل التفريق التلقائي فيما بين الرسوبيات المراد استبعادها والمحتوى الجيري للخزف نفسه.

المركبات المعقدة complexants، القابلة للارتباط بالأيونات المعدنية (الكالسيوم، الماغنسيوم، الألومنيوم، الحديد) لتكوين مركبات معقدة قابلة للذوبان، يتم أيضاً استخدامها في حمام أو عن طريق الكمادات وهذا يتم أحياناً على الساخن. الأكثر ذكراً هي هيكزاميتافوسفات الصوديوم hexamétaphosphate de sodium (كالجون calgon)، وأملاح الصودا لحامض الإيثيليناديامين رباعي الخليك EDTA, acide éthylènediamine tétraacétique. هذه المركبات المعقدة تتحد في بعض الأحيان مع عامل آخر، هيدروجينوكاربونات الأمونيا hydrogénocarbonate d'ammonium، (بيكاربونات الأمونيا bicarbonate d'ammonium). هذه المنتجات، يتم استخدامها بطريقة مقننة (كودية) ولا يوصى بالتعامل معها بشكل غير جدي، فهي مثلاً تقتضى إستعمال طريقة

معروفة بالتدخل على مرحلتين: حمام قصير (نصف ساعة) في محلول رباعي أوكسي كبريتات الصوديوم tetraoxodisulfate، (كبريتات الصوديوم المائية hydrosulfite de sodium)، بتركيز ١٠٪ يتبعه شطف وحمام مطول (عدة ساعات) ثم على الساخن في محلول ١٠٪ حامض ثنائي إيثيلين تريامين خماسي الخليك، diéthylènetriamine pentaacétique (DTPA)، عند رقم للـ PH خاص على حسب الأيونات المراد عمل مركب لها، يكون بين ٧ و٩ للحديد، وأكثر قلوية للكالسيوم.

الخليط AB57 المعد لتنظيف الرسوم الجدارية (الجداريات) (أنظر الباب الثامن) يُستعمل أحياناً للخزف وبالأخص في إيطاليا. المركبات المعقدة المستخدمة لتنظيف الزجاج والزجاجيات (الزجاج المعشق)، يبدو كان لها فعل أقل عنفاً وهي أسهل في التحكم فيها عن الأحماض وقد تُسهل من التنظيف الميكانيكي. القليل جداً من الأبحاث قد نشر بخصوص التأثير المحتمل لهذا التنظيف الكيميائي على الخزف نفسه وعلى الزجاج والطلاء البراق. بعض المقالات تصف طريقة العمل بهم والنتائج التي تم الحصول عليها عند معالجة بعض القطع (مثلاً: Gibson, 1971)، يمكن أن نتقدم بالملاحظات التالية:

- بالإضافة لمخاطر الفصل بالغسل، بفعل المركبات المعقدة على بعض مكونات العجينة والطلاء البراق (الرصاص والحديد مثلاً)، يجب علينا إضافة، الخطر الناتج عن ذوبان الجزء الجيري من الخزف والتأثير الميكانيكي لتصاعد ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، الناتج عن بعض الهجمات الحامضية (بالأخص HCl)، حتى الخزف الفقير جداً أصلاً بالجير يمكن أن يتأثر بالفوران الناتج في مسامه عن طريق تفاعل الحامض مع كربونات الكالسيوم «الثانوية» الناتجة عن الوسط.

سنبحث إذاً بقدر الإمكان على الحصول على تأثير سطحي فقط ويكون هذا صعباً مع تزايد مسامية المادة، ويبدو أن التطبيق الموضعي (رباط ضاغط - قطرة) على الخزف المشبع مسبقاً بالماء يساعد على تخفيض كمية وتركيز المحاليل التي تنفذ داخل القطعة.

- شطف القطعة بعد المعالجة يجب أن يتم بكل العناية من حيث الأداء والمراقبة: وبالأخص رقم الـ pH وموصلية آخر مياه شطف. الأملاح القابلة للذوبان الناتجة عن هذا التنظيف الكيميائي يجب التخلص منها.
- التعامل مع الأحماض يجب أن يأخذ في الإعتبار قواعد السلامة المقننة بشكل تام التي تفرضها تلك المواد، وأي شخص يهمل في إتباعها يجب أن يتم منعه من إستخدامها.

البقع

المواد الملونة المسئولة عن البقع تكون قد هاجرت إلى مسام القطعة: ولا يمكن الوصول إليها بالتنظيف الميكانيكي عامةً ولا يكون التخلص منها ممكناً إلا بالطريقة الكيميائية. يمكن أن يُستشهد بواسطة هذه المواد على تاريخ القطعة قبل الترك، وهي لا تمثل خطراً على القطعة، وفي بعض الأحيان توجد طرق بديلة عن استبعادها تكون بدون مخاطر ونلجأ إليها لأسباب جمالية فقط وهي: الطلي بالمساحيق (مكياج maquillage)...، نضيف إلى ذلك عدد كبير جداً من المنتجات المستخدمة لإذابتها أو تحويلها إلى مركبات قابلة للذوبان أو تغيير لونها، ونحن نقوم بعمل ذلك بغير أن يكون لدينا فكرة دقيقة عن تأثيرها المحتمل على القطع. وهذا التأثير يجب أن يقودنا إلى الحد من تنظيف هذه البقع (زد على ذلك أن هذا يعتبر صحيح بالنسبة للكثير من المواد الأخرى بخلاف الخزف).

تكون قائمة البقع التي نقابلها والمنتجات التي يستخدمها هذا وذاك طويلة جداً وتتضمن بعض الشطحات الخطرة ولن نسرد هنا إلا بعض الأمثلة.

البقع القاتمة التي تتركها بعض المركبات العضوية (الناشئة عن طريق نشاط بعض الكائنات المِكروية) يمكن في بعض الأحيان استبعادها (أو التخفيف منها) بوضع مذيب على القطعة، ويستخلص المحلول في الحال بواسطة كِمادة. يتم غالباً إزالة اللون منها عن طريق مؤكسدات قوية مثل ماء الأكسوجين بتركيز ٢٠٪ مضاف إليها بعض قطرات من النشادر. يتم

غسل القطعة بعد ذلك بعناية. لو استعملت الطريقة نفسها بطريق الخطأ على بقعة من أصل معدني فإنها يمكن أن تُزّهي اللون وتقلل من قابلية الذوبان...

بقع الصدأ (بني محمر) يتم التصدي لها بجدية من قبل مجموعات من المرممين الذين يستعملون باقة من العناصر المتفاعلة. من الصحيح أنه بتقدم علم الآثار في الأزمنة الحديثة فإن الإكتشافات من الخزف المزخرف faïence، الخزف الرقيق، الخزف الصيني الطري porcelaine tendre، إلخ تتزايد: هذه العجائن البيضاء المزخرفة بثراء يكون تحملها ضعيف لإجتياح الصدأ وتتأثر أعيننا، التي تعودت على رؤية قطع مشابهة في مجاميع تاريخية، بمظهرها هذا.

المنتجات الأكثر ذِكراً تكون الأحماض (حامض الأوكساليك acide oxalique، أرتوفسفوريك orthophosphorique، كلوريدريك chlorhydrique، السيتريك citrique، والمختزلات، رباعي أوكسي ثاني كبريتيت الصوديوم tetraoxodisulfite de sodium، والمركبات المعقدة (EDTA, DTPA). خبرتنا الشخصية والمقتصرة على المنتجين السابق ذكرهم كانت غالباً مخيبة للأمال. فنحن ليست لدينا دراية عن دراسات مقارنة يكون قد تم نشرها، ولكن H.W.M. Hodges (Hodges, 1986) روى أعمال غير منشورة تم القيام بها في جامعة كوين بكندا université de Queen، توجهنا للمنهاج الذي يجب علينا إتباعه: اختزال مركبات الحديديك إلى مركبات حديدوز بواسطة رباعي أوكسي ثاني كبريتيت الصوديوم والتخلص منهم باستخدام مركب معقد، فوسفات الصوديوم phosphate de sodium، أو سيترات الصوديوم citrate de sodium، بعض المعامل الكندية والإنجليزية تتبع نفس الطريقة بإستخدام مركب معقد آخر (EDTA)، ويبدو أنها تحصل على نتائج مُرضية.

قامت أبحاث فرنسية بتدقيق طريقة للتنظيف الإليكتروليتي لأكاسيد الحديد التي تتشرب بها القطع الخزفية الأثرية (Lacoudre, 1987). في هذه الطريقة، وبما أن القطع لا تكون موصلاً جيداً للكهرباء، فإن بقع الأكسيد هي التي يتم استقطابها عن طريق تلامس مع قطب كهربي (إلكترود)

مزدوج ومتحد المركز (شكل من أشكال «الفرشاة الأليكتروليتية»)، هذه الطريقة مازالت نسبياً في الطور التجريبي، بالرغم من أن نتائج جيدة جداً قد تم الحصول عليها (بالذات على الخزف الصيني الطري والخزف المزخرف).

في حين أن طبيعة الأليكتروليت المستخدم يمكن أن تشكل عقبة أمام تعميم تلك الطريقة. الحمام الإليكتروليتي، شديد القلوية (صودا أو بوتاس)، يحتوي فعلاً على أيونات الزرنيخ، كمركب معقد للحديد. إذا كنا على دراية جيدة بالمخاطر المرتبطة بالتعامل مع حمامات الزرنيخ فيجب أن نتخيل تعاظم هذه المخاطر في أغلب معامل الحفظ والترميم (والتي نعمل بها تحت ظروف غير متحكم فيها ومع إعداد غير كافي فيما يتعلق بالوقاية من أخطار السميات).

اللواصق

اللواصق التي تستعمل في حقل الحفائر، تكون عادةً من نوع «اللاصق الصالح لجميع الأغراض» universelle، وهذا يعني في بعض الأحيان نترات السيليولوز وبشكل أغلب أستات البولي فينيل في المحلول، وتكون في أنابيب معبأة في عبوات تجارية معدة للإستعمال، هذه اللواصق تحتفظ بقابلية ذوبان جيدة في مذيبات مثل الأسيتون. القطع التي نريد فك لصقها يمكن أن نعرضها لأبخرة من هذا المذيب في إناء مغلق أو كيس من البولي إيثيلين المقفل حتى إنفصال تلقائي للأجزاء المختلفة (عمل حساب سقوطهم بوضع القطعة بشكل صحيح حتى نتجنب أي كسر إضافي). تنظيف بقايا اللاصق تتم بالمشرط والإبرة، أو احتمال بقليل من المذيب الذي يوضع بواسطة ماصة، أو باستخدام شاش. في بعض الأحيان نراقب حالة الحواف وتقدم العمل تحت المنظار المزدوج العينية، وبالأخص بالنسبة لكسور الزجاج ذات الجدران الرقيقة، التي يتعرض فيها التنسيق اللاحق بسهولة للضرر لأقل بقايا للاصق يكون قد تم نسيانها أو لأقل فقد في المادة. عند إجراء فك للاصق في الخزف الرقيق والمتغير، فإن غشاء (فيلم) اللاصق غالباً ما ينفصل

بجذب شريحة من المادة معه. وهذا عملياً لا يمكن تجنبه ويجعل بشكل مؤكد تنسيق الأجزاء المتكسرة أقل دقة (صورة ٧). يمكن لنا أن نلاقي لسؤ الحظ أشياء ملصقة مستعمل فيها الأيبوكسي الذي يكون نزعه أيضاً في منتهى الصعوبة.



صورة ٧. تراجع اللاصق عند الجفاف أدى إلى فرغات عند الوصلات وإنتزاع لبعض الأجزاء الصغيرة من حواف هذه القطعة الخزفية الرقيقة المتغيرة.

وصلات اللواصق يمكن أن تنتفخ في المذيبات الكلورية مثل التريكلوروإيثلين trichloréthylène، أو الديكلوروميثان dichlorométhane (كلوريد الميثيلين chlorure de méthylène)، بالأخص إذا كان اللصق حديث. يمكن لنا أخيراً، تدمير الأيبوكسي حرارياً، باستخدام اللهب أو مصدر للأشعة تحت الحمراء مع كون ذلك عرضة للمخاطر التي يكون من المناسب وزنها جيداً. وإذا كان الخزف يمكن له إحتمال هذه الطريقة، فإنها تصبح خطرة لأقصى مدى على الزجاج.

ونسوق هنا شكل فيه بعض الغرابة من أشكال طرقنا المعتادة، ألا وهو عصير الأناناس الطازج الذي يهاجم كذلك هذه اللواصق (على الأرجح بالفعل الأنزيمي)، كما وضحه لنا (Liz Pye) من معهد الآثار بلندن.

طلاء الصمغ المبرنق (جمالاكا) gomme laque، هو راتنج طبيعي استعمل لمدة طويلة للصق السيراميك وأهمل تقريباً اليوم في فرنسا لهذا العرض. ونحن نقابله أساساً على القطع المتحفية، ولكن في بعض الأحيان أيضاً على القطع الآتية من الحفائر التي تمت خارج فرنسا وتم لصقها في ذات مكان العثور عليها بمواد متوفرة محلياً. إذا كان اللصق حديثاً، فإنه يكون رجوعي

في مذيبات مثل الكحول الإيثيلي. ولكن الصمغ يصبح غير قابل للذوبان مع تقادمه، وعمليات اللصق القديمة بعض الشئ يجب أن يتم تعريضها طويلاً لهذه المذيبات، أو يتم مهاجمتها بمنتجات خطرة، مثل البيريدين pyridine، (S. Koob, 1979) والذي يكون عبارة عن مذيب قاعدي شديد السمية.

تدعيم وإعادة تثبيت

نقوم بتدعيم القطع الخزفية والزجاجية الشديدة التعرض للتغيير والتي تكون قابلة للتفتت أو المقشرة وذلك حتى نتمكن من استعادة الحد الأدنى من التماسك لنحافظ بذلك على تمام شكلها. في بعض الأحيان نقوم بتدعيمها أيضاً لجعلها قادرة على تحمل الإجهادات التي تتعرض لها عند التنظيف وإعادة التركيب وسد النواقص. عندما يجب أن يكون التنظيف مسبوقاً بالتدعيم فإن هذا يطرح مشاكل خاصة سيتم استعراضها بشكل مختصر في الجزء الختامي.

يطبق اليوم التدعيم عن طريق تشرب راتنج مُخلق في كل مكان. نسعى عند التدعيم الكلي consolidation d'ensemble، إلى تشرب منتظم لكل المادة الخزفية، وذلك بملء المسام التي يمكن للمدعم الوصول إليها لأقصى حد. سنستعمل تعبير إعادة التثبيت refixage عندما يكون الجزء المراد تدعيمه سطحياً: إرجاع إلى الأصل للإلتصاق و/أو للتماسك لدهان الفخار engobe، للدهان البراق glaçure، لطبقة متذرية أو متقشرة من الرسم التصويري. التحضير للصق يمكن أن يقود في بعض المواقف (والتي سنراها فيما بعد) إلى تدعيم محدود لحواف الأجزاء المراد تجميعها. وكذلك فإننا يمكن أن نحاول عن طريق تسرب موضعي للمدعم العمل على استقرار التصدعات والتشققات حتى نمنع من تطورها الذي قد يؤدي إلى كسر حقيقي.

ويكون في متناول أيدينا من أجل إجراء هذه المعالجات تشكيلة من المنتجات والتقنيات التي في مجملها تبقى محدودة. لنستعرض أكثرها شيوعاً في الاستعمال. تكون المنتجات على الأرجح من الراتنجات التخليقية من النوع

الثرموبلاستي (المتلدن بالحرارة)، في صورة محلول في مذيب عضوي (انظر التذكرتين رقمي ٥ و٦). نستعمل أساساً من العائلة الفينيلية، أستات البولي فينيل (Rhodopas, Mowilith)، ومن العائلة الأكريليكية، بوليمر مركب من أكريلات الميثيل وميتاكريلات الأيثيل وهو البرالويد Paraloïd B72، يتجه استخدام هذا المنتج إلى التعميم لكونه واحداً من أكثر المنتجات المعروفة لدينا والأفضل إدراجاً من زاوية الاستقرار مع الزمن (الدرجة «A» من R.L. Feller، التي تجمع المنتجات ذات فترة البقاء الطويلة: Feller, 1975, 1978). وتكون أستات البولي فينيل هي الأخرى من هذه الزاوية «منتجات جيدة». أكريليكات أخرى تكون قابلة للإستعمال، مثلاً بارالويد Paraloïd B67، ميتاكريلات الأيزوبيتيل méthacrylate d'isobutyle، أو البلاكسيسول plexisol P 550، ويجوز أيضاً إعتبار ميتاكريلات n البيوتيل (méthacrylate de n butyle)، (Horie, 1987). ولكن هذه المنتجات تم دراستها بشكل أقل. نحن نكون على الدوام «تحت رحمة» معلومات عن المنتجات غالباً ما تكون صعبة التجميع والتحديث (سنرجع لهذه النقطة). حتى إن راتنج «مضمون» تماماً مثل البارالويد B72، يبدو وكأن تركيبه قد تغير بشكل بسيط في الماضي بدون أن يكون لدى المستهلكين علم بذلك (De Witte, 1978). بشكل عام، فمن رأينا أنه يكون من التعقل العمل بتشكيلة صغيرة من المنتجات المُتبعة، والتي تكون معروفة لنا جيداً بحيث نكون قد اكتسبنا عادة التعامل معها ونتيجة لذلك يمكن لنا استغلال إمكانياتها بأفضل شكل. وهذا أجدر من التداول على الدوام فيما بين تشكيلة كبيرة تكون تحت السيطرة بشكل أقل. وإذا أدركنا أنه لا يمكن لنا الحصول على التأثير المراد مع هذه المنتجات «النمطية»، فإننا نغامر بالبحث عن حل آخر بالاستعانة بالمراجع أو بالمقارنة مع الزملاء أو معامل الأبحاث.

نتعرف هنا على المنتجات التي تم ذكرها في الباب السابق والقابلة للاستعمال الحقلي لإجراء تدعيم عاجل. غير أنه في حقل الحفريات فإن رطوبة القطع والترسيبات، التي تكون في بعض الأحيان من المستحيل أو من الخطر تجفيفها، سوياً مع الإعتبارات الخاصة بأمان الأشخاص مما يفرضا علينا غالباً نشر المصلدات بعد خلطها بالماء: وتكون إذاً الراتنجات المستخدمة متشابهة من الناحية

الكيميائية، ولكن في صورة مستحلب، أو مشتت شبه غروي في الماء (بوليمرات أكريليكية مركبة copolyméres acrylique: التشكيلة التي تضم البريمال Primal والبكستول Plextol وأستات البولي ڤينيل acétates de polyvinyle: بعض الموڤيليت Mowilith، والڤيناڤيل Vinavil، إلخ...).

الكحول البولي ڤينيلي (المتعدد الفينيل) Rhodoviol، هو واحد من الراتنجات التخليقية النادرة القابلة للذوبان في الماء، ويكون كثير الإستخدام. ولكنه يُظهر بعض العيوب المعروفة منذ زمن بعيد كاسترطابه في الأجواء الرطبة، وتفاعلاته مع بعض أسطح الترسيب، وفقدانه لقابلية الذوبان مع التقادم.

تكون جسيمات البوليمرات المستحلبة ذات مقاس كبير: وهذا يحد من نفاذية الراتنجات، وبالذات في المواد التي تغلب فيها المسام المِكروية والأنابيب الشعرية. وعلى العكس من ذلك، وحيث أن الذي يعنينا هومقاس الجسيمات وليس مقاس البوليمرات، فإنه يمكن لنا استحلاب الراتنجات ذات كتلة المول (الجزيئ الجرامي) الكبيرة عند تركيزات عالية بشكل كافي (أكثر من ٢٠ وحتى ٧٠ ٪)، من دون أن نصل إلى قيمة اللزوجة التي ستبديها إذا كانت على شكل محلول. يتم غالباً إنجاز المستحلبات وتثبيتها بفضل الكثير من الإضافات التي تبقي بالمادة المُشربة وتعمل على التغيير من خصائص الراتنج بعد التجفيف (De Witte *et al.*, 1984; Howells *et al.*, 1984). والبعض منها بالذات يمنح المادة المُشربة بعض الحساسية للماء وبخار الماء. وأخيرا فإن المستحليات تكون مستقرة عند رقم للـ pH محدد ويكون في بعض الأحيان بعيد عن التعادل ويجب على القائم بالحفظ، الإستعلام في كل مرة عن رقم الـ pH للمستحلبات التي يستعملها (وهكذا فإن المستحلبات الفينيلية - اللواصق البيضاء - يكون لها عادةً رقم للـ pH حامضي بين ٤ و٦). يمنح التشتت شبه الغروي، خصائص أفضل وذلك لأن التراكمات المتشتتة، تكون ذات مقاسات صغيرة جداً (تقاس بواحد على المائة من الميكرون)، وهذا يمنحها حركية أفضل. القليل من الراتنجات هو الذي يبدوعلى هذا الشكل؛ البوليمرات الأكريليكية المركبة مثل Primal WS، المتشتتة مع القليل من الإضافات بفضل تجمعها القطبي، قد إكتسبت منذ بضع سنوات مؤيدين

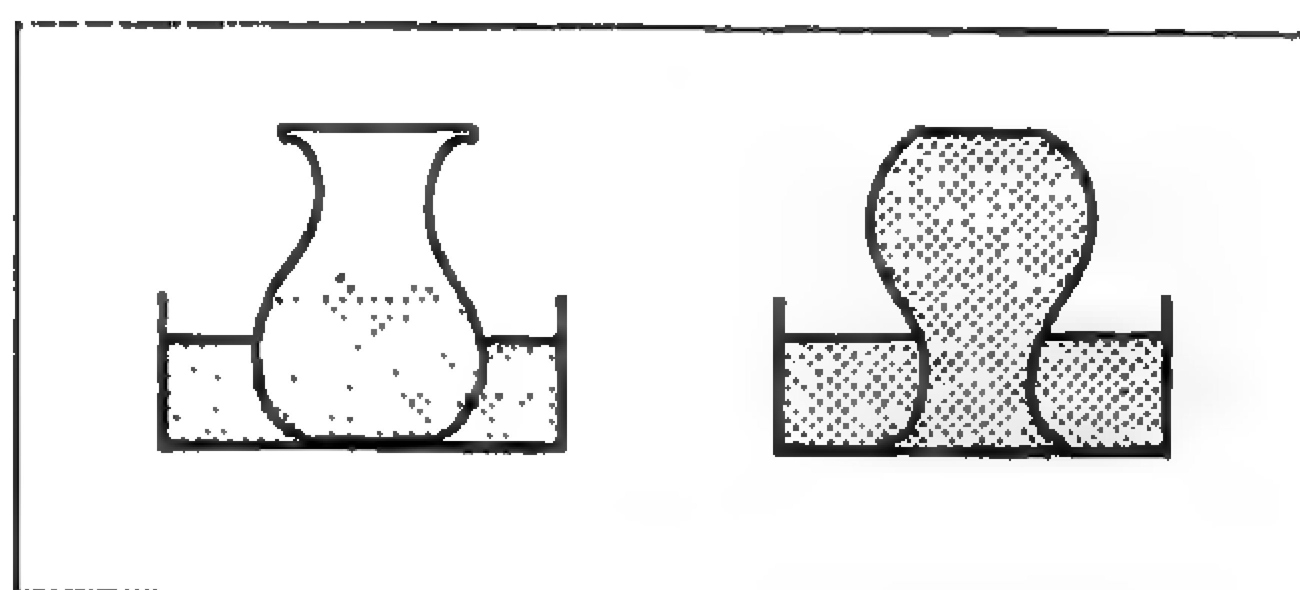
حميمين (Koob, 1978, 1984)، وهم يعتبرون أنها تُبدي خواصاً متوسطة فيما بين المستحلب والمحلول مع تمتعها بمميزات مأخوذة من كلاهما.

في المحلول تكون الراتنجات متشتتة في المذيب باعتبار المقياس الجزيئي وعلى ذلك فإن مقاس الجزيئات الضخمة، للبوليمرات هي التي تتحكم في قدرتها على النفاذ في مسام المادة المراد تشبعها، ولكننا لا نتمكن من الوصول إلى تركيزات عالية للراتنج بشكل كافي كما في المستحلبات. تعتمد لزوجة أي محلول على اللزوجة الذاتية للمذيب. وعلى مقاس جزيئات الراتنج وعلى التركيز. إن اختيار المذيب، واختيار الراتنج وكذلك المول (الكتلة الجزيئية الجرامية)، واختيار التركيز، كل هذه العناصر المختلفة من الممكن تطويعها قليلاً لمحاولة توفيق التدعيم لكل حالة (مسامية القطعة، حالة التغيير، درجات النفاذية، صلابة التحمل والتماسك الذي نبحث عنهم). من ناحية أخرى إذا كانت المستحلبات التي نستعملها مُنتجة صناعياً فإنه يمكن لنا أن نُعد بأنفسنا أغلب المحاليل التي تهمنا، مما يتبع ذلك عملنا بدون إضافات مجهولة لنا. لهذه الأسباب، فإننا نفضل إستخدام المحاليل في المعمل حيث يكون تحت تصرفنا الإمكانيات والوقت اللازمين للتجفيف المتحكم فيه للقطع؛ أما في حقل الحفريات، فعلى العكس من ذلك المستحلبات والمشتتات المائية، تُعطي لنا مميزات من حيث سهولة الاستخدام وعدم السمية التي يتميزون بها. ولكن المستحلبات والمشتتات الأكريليكية وحدها هي التي يبدو أنها تُظهر توافقاً جيداً مع المحاليل الأكريليكية التي ستستخدم لاحقاً في المعمل من أجل إستئناف التدعيم الأولي الذي تم في حقل الحفريات.

تستخدم منتجات أخرى عند الحاجة لتدعيم الخزف مثل أسترات السيلكا esters de silice، الإيبوكسي époxy، البوليسترات polyesters، والميتاكريلات méthacrylates، والتي غالباً ما تستخدم على مواد أخرى (حجارة، نقوش جدارية ملونة). ويمكن لهم أن يلبوا مقتضيات المواقف الإستثنائية، وهي التي سنستعرضها لاحقا.

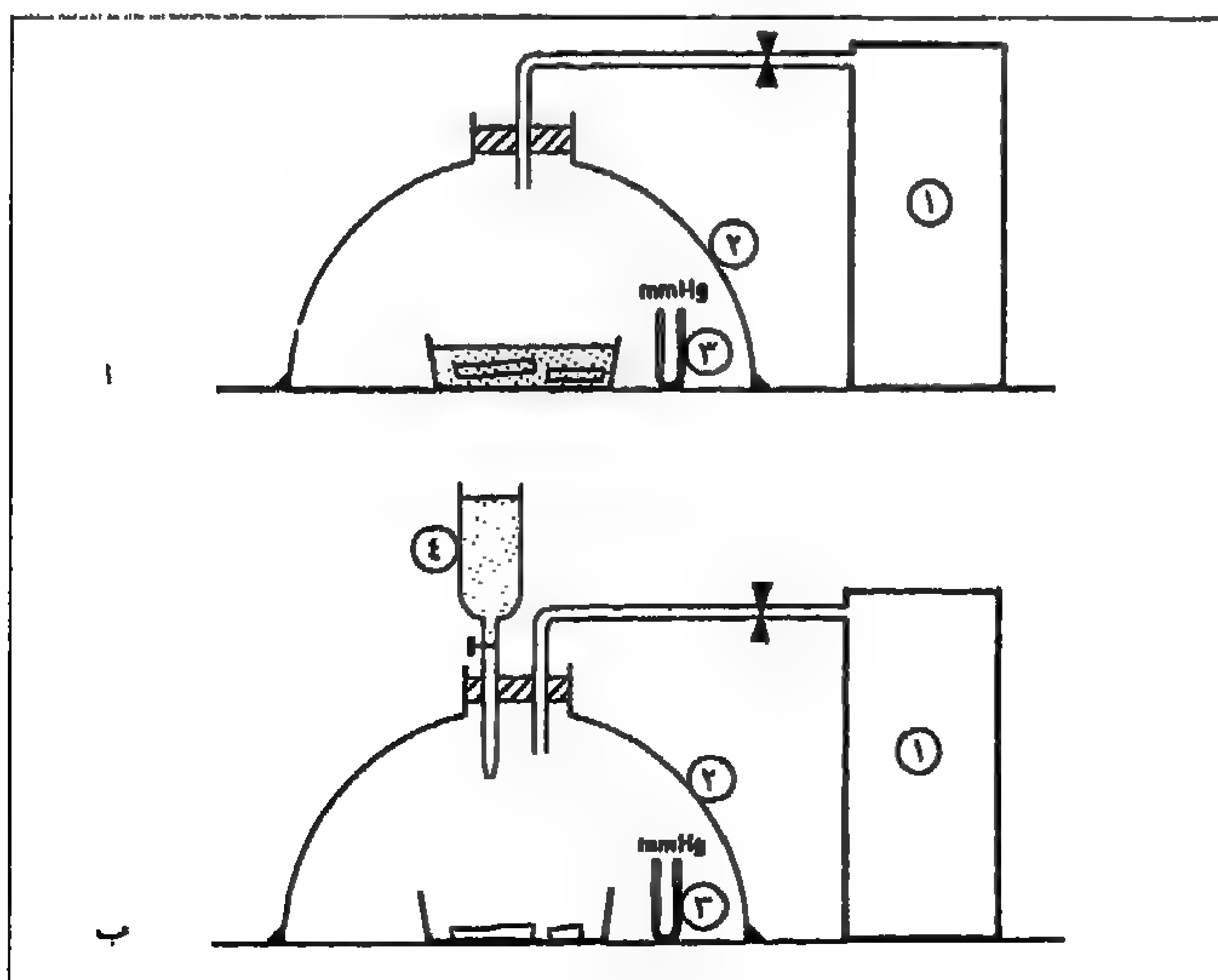
التقنيات المعتاد استخدامها للعمل على نفاذية هذه المنتجات هي: التكليس بالفرشاة badigeonnage، التذرية pulvérisation، التشرب infiltration، الحقن

بمحقنة injection، الغمر الكامل immersion، النقع الجزئي trempage، الإرتحال migration عن طريق الخاصية الشعرية (شكل ٤)، الغمر مع التعرض لتفريغ الهواء passage sous vide، (شكل ٥)، والطريقتان الأخيرتان هما اللتان تضمنان الحصول على أفضل الفرص للنفاذية إلى العمق.



شكل ٤. تشرب عن طريق الخاصية الشعرية.

تُغمر القطعة جزئياً لمرات متعددة في أوضاع مختلفة (يمكن لنا أيضاً رفع مستوى حمام المُدعم تدريجياً). هذه التقنية تقلل من عمل الهواء المحبوس في مسام القطعة كعائق يعاكس نفاذ المدعم في حالة الغمر الكامل.



شكل ٥. تشرب تحت تفريغ هواء جزئي.

تركيبة الجهاز في (٥ – ا)، تشتمل على مضخة (١) تعمل على تفريغ الهواء من ناقوس محكم (٢) وحتى الحد المراد الوصول إليه، والذي نتحكم فيه عن طريق مانوميتر (٣)، يتم غمر القطع في المحلول المُدعم قبل وضعها تحت التفريغ الجزئي.

في (٥ – ب)، يسمح خزان خارجي يحتوي على المحلول (٤) بإدخال هذا المحلول بشكل تدريجي بعد تفريغ الهواء، وذلك حتى نتجنب أن يقع الهواء في شراك المسام بالقطعة.

بغض النظر عن المنتج والتقنية المستخدمة، فإن التدعيم يطرح مشاكل عدة. سنذكر هنا بعضا منها: توزيع المُدعم في المادة، رجوعية التشرب، العواقب من ناحية المنظر المرئي.

توزيع المُدعم في المادة

يكون غالباً من الصعب الحصول على نفاذية متجانسة حتى القلب لمحلول المُدعم. فهو يسري بصعوبة في المسام ذات الأبعاد الصغيرة جداً، السائدة في الخزف ذو العجينة الرقيقة. عندما تكون الراتنجات ذات الوزن الجزيئي الصغير موجودة في مذيبات نافذة مثل الطولوين toluène، الكسيلان xylène، الهيدروكربونات الكلورية، بتركيز ضعيف (من ٥ إلى ١٠ ٪)، فإنها تعطي نتائج جيدة، وبالذات عند الغمر تحت تفريغ هواء (شكل ٣). ولكن بعد التصلد تكون خواصها الميكانيكية متوسطة، وبما أن الكمية النافذة تكون قليلة فإن القطعة تكتسب تماسكاً وصلابة بشكل معتدل. فضلاً عن ذلك فإن القطعة يجب أن يكون لها القدرة على التعرض بدون خسائر لقوى الشد المتولدة عن استبعاد الهواء والاجتياح السريع للمذيب إبان التعرض لتفريغ الهواء. وهكذا فإن التدعيم الذي نحصل عليه يكون كافياً بالنسبة للقطع المحفوظة بشكل عادي في متحف أو مخزن. وهذا التدعيم لا يجيز لنا إعادة عناصر كالخزف المعماري مثلاً إلى الجو الخارجي غير المتحكم فيه.

بغض النظر عن كون المدعم قد نفذ إلى العمق أم لا، فإنه يعاد إقتياده نحوالسطح إبان تبخر المذيب، ويصبح توزيعه إذاً غير متجانس، فيكون

أكثر كثافة بشكل كبير في الطبقات السطحية. إذا كانت هذه الظاهرة شديدة التأثير، فإن كل راتنج يتكدس في حيز الاثنين أو الثلاثة ملليمترات الأكثر قرباً من أسطح التبخر وتكون هذه الطبقة الرقيقة المتشربة هي وحدها التي تكتسب خواصاً ميكانيكية وفيزيائية جديدة، مثلاً: معامل تمدد حراري آخر مختلف عن ذلك الخاص بالمادة التحتية. ونحن نخشى دائماً في هذه الحالات أن تقود السلوكيات المتباعدة، فيما بين الأجزاء المتشربة والأجزاء الأخرى على المدى البعيد، إلى تفككهم عن بعضهم البعض. حتى نتجنب أو نحد من ذلك، فإننا نتفق على فائدة تباطؤ خروج المذيب: وذلك عن طريق اختيار مذيب قليل التطاير والتبخر يوضع في حيز يكون مغلقاً أو حتى محتوياً مُسبقاً على أبخرة من المذيب المستخدم.

إبان إعادة التثبيت، فإننا لا نسعى إلا للحصول على انتشار سطحي للمدعم وهذا يكون أسهل بكثير. المذيبات المتطايرة مثل الأسيتون والإيثانول يمكن أن تستعمل عن طريق فرشاة رسم ومذيب أقل تطايراً مثل الطولوين، الكسيلان، أستات الإيثيل، ثنائي الكلوروميثان (كلوريد الميثالين chlorure de méthlylène)، التي يمكن أن تُرش (رشاش يدوي، وعاء، أو مرشة دهان)، مع الراتنجات السابق ذكرها، الأكريليكية أو الفينيلية منها، بتركيز ضعيف (٥٪).

رجوعية التشرب

عندما نتوخى الوصول إلى نفاذية حتى القلب ونحصل عليها، فإن الرجوعية المؤكدة نظريا عن طريق قابلية الذوبان المستديمة للراتنجات المستخدمة تصبح متعذرة التطبيق: ويستلزم استخلاصهم تعرض القطع بشكل ممتد للمذيبات، ويتولد إلى جانب ذلك وبشكل متزامن عودة القطع بشكل تدريجي إلى حالة من ضعف التماسك وهى الحالة التى كانت قد برَرت إجراء التدعيم من قبل. فالقطع الأكثر تضرراً، التي تكون غالبا أكثرها وأفضلها تشرباً (وذلك بسبب مساميتها العالية) لن تتحمل ذلك بدون وقوع ضرر عليها. زد على ذلك، نقلاً عن بعض المؤلفين، فإنه يكون من

المستحيل عملياً إزالة التشرب بشكل كامل من المواد المسامية بواسطة المذيبات (Horie, 1983)، أو حتى إزالة أكثر من ٥٠ ٪ من الراتنج النافذ أصلا. يكون اذاً من المهم اختيار مُدعِم مستقر مع الزمن. من وجهة النظر تلك، يبدو كون البارالويد B72 واحداً من أفضل المنتجات المتواجدة في الوقت الحاضر.

إن رجوعية عمليات التدخل لإعادة التثبيت، تكون أكثر واقعية من تلك الخاصة بالتشرب حتى القلب، ولكن في هذه الحالة يجب حتماً التيقظ لها. ولهذا السبب يجب علينا ألا نستعمل أبداً المحاليل المخففة من الصمغ المُبرنق (جمالاكا) gomme laque، لتثبيت أو حماية الأسطح الهشة، لأن هذا الراتنج مع التقادم يصيبه الإصفرار والتحلل. وكذا الحال بالنسبة للطلاء البراق والمثبتات الجاهزة للاستخدام التى نجهل تركيبها الدقيق، والتي يجب أن تستبعد.

العواقب البصرية

أياً كان نوع المُدعِم، فإنه غالباً ما يُعدِل من مظهر المواد المتشربة. عندما يتم تدعيم بعض المناطق المحدودة، فإنها تبدو ظاهرة بشكل مفجع.

تاثير اللمعان يمكن أن يكون مصدر مضايقة كبيرة عند النظر إلى الخزف الكامد (المطفي) وهذا يعطيه مظهرا لامع يبعث على الإلتباس. هذا «اللمعان» يكون ناتج عن التكون الظاهري لغشاء (فيلم) من الراتنجات، والتى تتطابق مع التفاوتات الصغيرة لسطح المادة، وتقترن بها لتملئ الفجوات: وعلى ذلك فإن جزءاً صغيراً من الضوء الساقط ينعكس اذاً بشكل متماثل على هذا الغشاء الناعم من الراتنجات كما يحدث في المرايا، وهذا هو الشكل التام لمنظومة الانعكاس المرآوي réflexion spéculaire، وبهذا الشكل يلمع السطح. وعلى العكس من ذلك عندما كان الضوء يرتد إلى إتجاهات متعددة من كل النتوءات الدقيقة للسطح غير المنتظم، فإنه كان يتشتت عاملاً اذاً على ظهور هذا السطح وكأنه كامد (مطفي).

كلما أبطأنا تبخر المذيب كلما كانت هذه الظاهرة معرضة للحدوث، لأن جزيئات الراتنج تحتفظ إذاً أثناء وقت طويل بما فيه الكفاية باللزوجة الكافية لكي تُبسط، عن طريق ملئها لتجاويف السطح. يجب أيضاً أن تكون كمية الراتنج المترسبة على السطح تسمح على الأقل في بعض الأماكن بتكون غشاء (فيلم) مستمر، وهذا ما يمكن أن يحدث للمحاليل المركزة. ويكون اذاً من الصعب الحصول على تأثير كامد مع البارالويد B72 أعلى من تركيز ١٠ ٪، والذى يكون قد تم نشره بالفرشاة على سبيل المثال. أما إذا تم رشه بكميات صغيرة ذات قطرات دقيقة جداً، فإن نفس المحلول يمكن أن يُعطي نتيجة مرئية مختلفة، لأن الراتنج يكون إذاً مترسباً بشكل غير متصل. ولكن بعض الراتنجات تكون كذلك أكثر لمعاناً من الأخرى وهذا راجع إلى نوع ودرجة الانتظام الذى تتخذه جزئياتها الضخمة إبان التصلب. يجب أن نتذكر في هذا المقام أنه عن طريق تطبيق مختلف فإن كثير من الراتنجات المستخدمة في التدعيم يمكن كذلك أن تستخدم في صناعة اللواصق كما يمكن أن تستخدم في صناعة الطلاء البراق (ڤرنيه).

وبما أن هذا التأثير يكون مرتبطاً بحالة السطح المُدعِم فإنه لايمكن أن يتم تصويبه إلا عن طريق إعادة معالجة السطح، مثلاً بالتنظيف السطحي للقطعة بواحد من مذيبات الراتنج المستعمل والذي يُبلل كَمّادة من القطن أو عود بطرفه قطن. يجب القيام بهذه الاصلاحات بحرص شديد على الأسطح التى تكون هشة قبل التدعيم.

. العتامة، الشائعة في الخزف المُدعم لا يمكن تجنبها تماما، فالمسام التي كانت مملؤة بالهواء تجد نفسها وقد سُدت لحد ما بالراتنج، وحتى وإذا كان هذا الراتنج بدون لون وشفاف فإنه يكون له معامل انكسار مختلف: فكيف لا ننتظر أن تكون المادة المتشربة خاضعة لأية تغييرات بصرية؟ فنحن بفعل هذا الإعتام، نرى تقدم الماء في إناء زهور تم تركه مغمور في الماء... تكون الراتنجات المستعملة أقرب من الناحية البصرية للماء منها للهواء. ولا يفلت من هذا الإعتام إلا القطع التي تكون في مجملها قليلة التشرب (القليلة المسامية أو المدعمة عند تركيز ضعيف جداً)، أو أيضاً القطع التي

تكون فاقدة للتشرب désimprégnées في سمك بسيط منها بفعل إمتصاص المدعم في كِمادة ماصة (رباط ضاغط) متشربة بالمذيب. ولكن القطع التي يكفيها حقيقةً تدعيم محدود كهذا تكون نادرة، إلا إذا كانت بحق ضحية «لهوس التدعيم» الذي يأخذ بلب كل منا أو للتدعيم المفرط الناتج عن الحذر الزائد عن الحد.

الكثير من القطع الخزفية تكون قد تم طلاؤها أو تكون قد تلقت زخرفة مكملة بعد التسوية. ويمكن لنا أن نصادف على المواد الخزفية زخارف معتمة أو متذرية أو ضعيفة الإلتصاق ويكون من المستحيل عملياً عدم تغيير مظهرها حتى ولو بالقدر القليل إبان إعادة التثبيت: جير أبيض، طباشير، كاولين ني، تربة حمراء صلبة (وعنة) latérite rouge، تراب صلصالي (مغرة) terres ocres.

إن مشكلة إعادة التثبيت للرسومات، أو لطبقات الألوان المتذرية هي مشكلة مألوفة لمرممين الوثائق البيانية (Flieder, 1981) أو القطع التي تستخدم في دراسة علم الأجناس، (Guillemard, 1987). ونستطيع أن نستعير منهم منتجات مثل أثيرات السيليلوز éhters de cellulose، (مثلاً الكلوسال Klucel G، هيدروكسيبروبيل السيليلوز hydroxypropyl cellulose القابل للذوبان في الماء والإيثانول)، والتي تسبب إعتاماً معتدلاً جداً. وعلى الأخص، يجب أن يكون لنا نفس ردود أفعال هؤلاء المرممين: فتفاعل الأصباغ مع الراتنجات أو المذيبات المستخدمة عادةً ما يكون له نتيجة غير متحسبة ويكون من المفيد تجربة كل قطاع من الألوان قبل المضي في المعالجة لقطعة أو مجموعة من القطع.

في بعض حالات «إعادة التثبيت» الخاصة، كحالة الطلاء البراق الذي يكمد ويعتم بالتغيير، فإن التواصل الجديد للمادة التي يُأتي بها المدعم يمكن على العكس من ذلك أن يجلب تأثير مطلوب: فهو يحسن وضوح الزخارف المتكررة motifs وبريق ولمعان الألوان.

التدعيم: حالات خاصة

في التشرب التقليدي الذي قد قمنا بوصفه، لا تَملئ الراتنجات المُدخلة غالباً كل مسام القطعة: فيكفي أن يكون توزيعها متجانساً بشكل كافي وتكون قدرتها اللاصقة عالية لإسترجاع بعض التماسك بين الحبيبات قليلة الإرتباط للخزف المتغير، أو الذي تم تسويته عند درجات حرارة منخفضة، وبهذا يصبح التدعيم الحاصل مرضياً. في حالات أخرى، فإننا نبحث عن الحصول للقطعة على شكل من أشكال على عدم النفاذية، مثلاً في حالة ما إذا كانت تحتوي على أملاح قابلة للذوبان يستحيل التخلص منها.

القطع التي يجب تدعيمها قبل أن تصير قادرة على تلقي التنظيف تشكل حالة خاصة. بالنسبة للحالة الأولى (حالة التشرب التقليدي)، كنا قد استخدمنا لوقت طويل الشمع أو البرافين أو الشمع ذو التبلور المِكروي، الذين يتم تطبيقهم على الساخن (بالغمر) أو في محلول (كمعجون). وقد قادت عيوبهم (نقطة الانصهار المنخفضة، التغطية بالتراب، التبدل البصري) إلى البحث عن منتجات جديدة على الرغم من التأكد من فاعليتهم في عمل حاجز لمجابهة التبادل مع الرطوبة. ويجب أن نسلم بأن الحلول البديلة ليست متعددة: فلا يدخل من ضمنها على وجه الخصوص التشرب «التقليدي» بالراتنجات التخليقية résines synthétiques، والتي قمنا بوصفها فيما سبق، واللائي يعرضن القطع المصابة بالأملاح القابلة للذوبان لمخاطر هائلة (تكون لطبقة مُشربة بشكل أفضل على السطح غير منفذة بالنسبة للتبادل الغازي وتتعرض بعد فترة لخطر الإنفصام عن باقي القطعة بفعل الحركة التحتية للأملاح). في مجال قريب من الخزف، وهو الحجارة، فقد تم التقدم بطرق تشرب تعتمد على التشرب الكلي وذلك بهدف سد كل مسام المادة. إن تطبيق هذه الطرق الجذرية على الخزف يكون نادراً جداً (في بعض أمثلة من الخزف المعماري)، ولا تمثل عملياً حل مرضي بديل عن الطرق القديمة.

من ضمن ما سنورد ذكره هنا، التشرب بالراتنجات الأكريليكية التي يتم إدخالها على شكل جزيئات غير متبلورة monomères (وحدات صغيرة قادرة على النفاذ بشكل جيد) تحت تفريغ للهواء، وقد يحتمل أن تُعرض للضغط بعد ذلك، وتبدأ البلمرة فيها داخلياً *In situ*، عن طريق جلب طاقة في صورة حرارة (Wihr, 1986). أو أشعة جاما (إشعاع ذو طاقة عالية جداً وشديد النفاذية ينبعث من مصدر مشع). في فرنسا، بشكل خاص تم القيام بنجاح بتجارب هامة في مركز الدراسات النووية في جرينوبل Grenoble، على استخدام الراتنجات القابلة للتصلد بالإشعاع radiodurcissables في الحفظ، وبالأخص الستيرين بوليستر styrène-polyesters، ولكن يبدو أن أفضل حقل للتطبيق فيما يخصهم هو الخشب الممتلئ بالماء (أنظر الباب السادس) وبشكل وارد بعض الصخور شديدة التدهور.

ومن المثير للإهتمام أن نلاحظ أن تطور مجمل هذه التقنيات يصطدم بعقبتين متضادتين: من ناحية التكلفة المادية للاستثمارات والأبحاث التي يفترض إجراؤها قبل التنفيذ، ومن ناحية أخرى الشكوك والمحاذير التي تثيرها، فإذا ما تم لنا اجتياز هذه الأمور الأولية، فيكون أكثر ما نخشاه هو إندفاعنا إلى تطبيقات لا مبرر لها يمليها انشغالنا بتعويض تلك التكلفة المادية.

إن إحتباس الأملاح داخل الخزف (كمثل الحال في أي مادة مسامية) بشكل قد يكون مقبولاً (تواءم، رجوعية من «الدرجة الثانية» على الأقل -تكفل السماح بإعادة تدخل لاحق)، مازال حتى اليوم يبدو وكأنه مراهنة. يمكن لنا إذاً محاولة تدعيم القطع الشديدة التغيير بدون إعاقة نزع الملح منهم لاحقاً، وهذا يعيدنا إلى الحالة العامة للخزف والذي يستلزم الخضوع لتلك المعالجة قبل إجراء أي تنظيف له.

المنتج المثالي، الذي يقوم بتدعيم المادة بدون أن يُقوي من ارتباط وصلابة ما يراد تنظيفه وبدون أن يشكل عائقاً أمام مرور الأملاح القابلة للذوبان المطلوب التخلص منها، لا وجود له.

النيلون القابل للذوبان nylon soluble، ظل لوقت طويل يحتل تلك المكانة (Unesco, 1969). قبل أن يتم إدانته لمسلكه الرديئ مع مرور الزمن

(Sease, 1981). ويتبقى لنا حلول تقريبية مثل: التدعيم «الخفيف» consolidations «légères»، وذلك بتقوية القطعة بدون جعلها غير مُنفذة للماء ومن غير أن نعمل على التصلد الزائد للمواد المطلوب إزالتها؛ ويحدونا بعض الأمل في المنتجات الجديدة نسبياً في مجال الحفظ، مثل سيلكات الإيثيل silicate d'éthyle، القابلة لتحسين التماسك الداخلي للخزف بدون التبديل بشدة لمساميته.

هذه المدعمات المذكورة آنفاً، سواء كانت منفردة أو متحدة مع أكريليكات هي محل لتجارب معملية متعددة منذ بضع سنين. ومازالت تدخر لنا بعض المفاجآت (التوافق المتغير مع اللواصق المستخدمة على القطعة مثلاً)، وبعض العيوب الكبيرة (السمية، التكلفة)، وبعض المجاهيل (التقادم في ظروف «واقعية»). ولكن النتائج التي تسمح لنا هذه المدعمات بالحصول عليها عند تطبيقها على مواد كانت حتى الآن تمثل مشكلة كبرى (طين ني، جبس، مواد خام مرتبطة بالجير) تمكننا من تفهم حقيقة شيوع استعمال تلك المدعمات شيئاً فشيئاً (أنظر مثلاً Tubb, 1987).

قد لا يكون من غير ذو فائدة أن نذكر هنا إمكانية أخيرة الا وهي التي تنص على تعريض الخزف المتغير والمشهور بكونه «سيئ التسوية» لإعادة تسوية recuisson، ليصبح بعدها قادراً على تحمل التنظيف وإزالة الملوحة، وأية معالجات أخرى نرغب في تطبيقها عليه. هذه العمليات إلى جانب كونها تتضمن أخطاراً جسيمة (كسر يؤدي إلى إنهيار claquage، تغيير في اللون، إلخ...)، فإنها تؤدي بالطبع لإنتاج مادة جديدة. تطبق هذه الطريقة منذ زمن بعيد، وحتى الآن، على القطع من الطين النى مثل الألواح (Organ, 1961). ونحن نتقبلها في غياب حلول أخرى محققة بشكل جيد، مع العلم أن الشئ الأساسي المراد حفظه هنا هو النص المنقوش وليس الدعامة. ولكن إعادة تسوية الخزف لا تعتبر كإحدى معالجات الحفظ بمعنى الكلمة إلا في الحالات الإستثنائية (مثلا معالجة الخزف المُسود على أثر حريق Davison, Harrison, 1987)، لأنها تحول المادة وتشكل نوع من المضي في الاتجاه العكسي بالنسبة لتاريخها التقني.

إعادة تركيب ومعالجة للنواقص

يتم غالباً القيام بفرز الشقفات، وإعادة تركيب القطع الخزفية في حقل الحفريات. بعض حالات إعادة التركيب بدون لصق المثبتة بشريط لاصق، قد تكون كافية إذا تعلق الأمر بتصوير القطعة ورسم الشكل الجانبي لها (بروفيل). ثم يعاد فكها سريعاً وتُخزن القطع المتكسرة في أكياس صغيرة. ولكن إذا أردنا التعامل مع القطعة من أجل دراستها أو توخينا التحسب من أى خطر لفقد أو خلط القطع المتكسرة فإن اللصق يظل هو أفضل الحلول، حتى وإن كان لا يدخل ضمن برنامج للترميم بمعني الكلمة. ولايكون اللصق بدون عواقب: إذا كانت القطعة تستوجب ترميماً لاحقاً فإن أى لصق «غيركامل الصفات» يجب أن يعاد عمله مما قد يتسبب في بعض المخاطر.

هذا لا يعني كون اللصق الجيد حكراً على المتخصصين في الترميم وحدهم. إن هذا يستتبع فقط أن نتجنب في حقل الحفائر القيام باللصق في غير موضعه وذلك لتكوين «رؤية سريعة» أو حتى «نجرب أنفسنا في عمل شئ ما» (بعض الناس يكون لديهم الدراية والتعود والذوق لأداء هذا العمل والبعض الآخر لايكون لديه ذلك)، فيجب الاقتصار بشكل صارم على اللواصق التى اتضح كونها سهلة الرجوعية.

بعض الملاحظات (وصف العجينة، قياس السمك، التفاصيل الظاهرة في داخل القطعة، إلخ...) يجب بالطبع أن تدون قبل إعادة التركيب.

في الحالة المثلي، فإن أى لاصق (سواء كان ميدانياً أم لا) يجب أن يُعد ليكون مُعمراً وفي نفس الوقت يمكن انتزاعه من القطعة بدون خسائر عليها في المستقبل القريب أو البعيد. ونتوقع بالتالي أن يكون هذا المرمى صعب توفيقه. فالنجاح الفوري وعلى المدى الطويل لعملية اللصق يعتمد على اللاصق المختار وعلى طريقة تطبيقه معاً. هذه النقطة الأخيرة (ترتيب إعادة التركيب، نظافة الحواف، إلخ...) ستشرح في الباب التالي المخصص للزجاج: الإحتياطات الواجب اتخاذها تكون متطابقة، ولن نضيف هنا إلا بعض الملاحظات الخاصة بالمادة الخزفية.

اللواصق

الكثير من المنتجات كانت ومازالت تستخدم في لصق الخزف (Davison, 1984).

إن أغلب الخزف الأثري يمكن أن يُلصق باللواصق التجارية المذكورة مسبقاً، وتكون على شكل محلول لزج بشكل كافي، جاهز للاستخدام في أنابيب صغيرة سهلة الاستعمال (...Uhu, Scotch, Seccotine, Soude-grès، إلخ...). على الرغم من أن نترات السليولوز nitrates de cellulose تستعمل منذ عشرات السنين بدون ورود مشاكل تستحق الذكر (سواء عن طريق النشر أو النقل الشفهي) فقد تم تحريمها بشدة في هذه الأعوام الأخيرة: فقد تأكد نظرياً من عدم استقرارها (Koob, 1982; Selwitz, 1988). وإذا كان علينا الإستغناء عنها، فإنه يمكن لنا أن نتوجه إلى أستات البولي ڤينيل، ولكن كيف يمكن لنا أن نُحزر محتوى أنبوبة لصق إذا لم يبين لنا المنتج ذلك؟ فالتحاليل المنشورة تكون نادرة (De Witte, 1986). ولكنها تؤكد أن الراتنجات السيلولوزية مازالت - أو كانت على الأقل منذ وقت قصير - شائعة بما فيه الكفاية بداخل اللواصق التجارية (,Bindulin Cementit). نتائج الاختبارات التي قام بها E. De Witte كانت بالأحرى مؤسفة بالنسبة للأداء على الأمد الطويل لأغلب هذه اللواصق «لكل الأغراض» colles universelles، بغض النظر عن الراتنج (أو الراتنجات) المكونة منها أساساً... وأخيراً فنحن نعرف أنه تُوَزع تحت نفس المسمى منتجات مغايرة حسب البلدان المختلفة: كل هذا يعتبر كأسباب لقصر هذه اللواصق على إنجاز الأعمال السريعة في حقل الحفائر.

ويبقى بعد ذلك، أن نقوم بأنفسنا في المعمل بتصنيع لاصق يكون مكوناً أساساً من أستات البولى فينيل (Rhodopas M 60)، أو أفضل من ذلك يكون مكوناً أساساً من (Paraloïd B72)، (Koob, 1986). ويبدو هذا كواحد من أفضل الحلول المتاحة اليوم.

اللواصق المتصلبة بالحرارة thermodurcissable، كالأبوكسي والبوليستر والتي تكون صعبة الرجوعية، لا يجب أن تستخدم إلا في حالة عدم وجود

أي من اللواصق المذكورة آنفا يمكن الإكتفاء به، حالات: قطع ذات أبعاد كبيرة وثقيلة جداً، خزف ذو كثافة عالية قليل النفاذية وذو أسطح رقيقة كما هو الحال في الخزف الصيني، الخزف المعماري الذي يجب إعادته إلى الخارج (في الهواء الطلق). الروابط التي تسمح هذه اللواصق بالحصول عليها تكون شديدة الصلابة، وفي الغالب تكون صلابتها أعلى من القطعة نفسها، وهذا يعتبر شئ غير مستحب (أنظر تذكرة رقم ٧ ، ٨).

كيفية الاستخدام

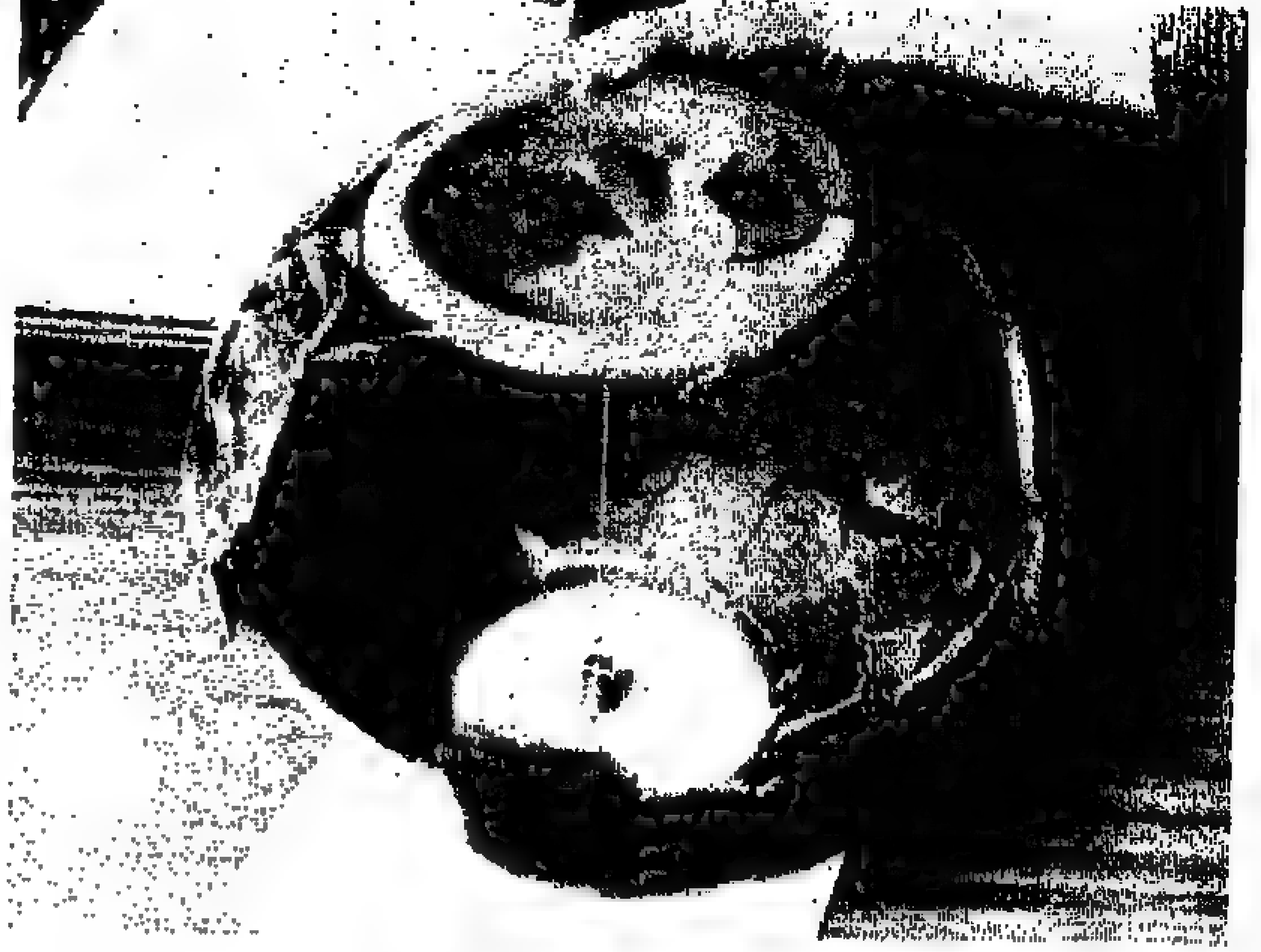
إن هشاشة الحواف التي تقوم اللواصق - سواء تلك التي في محلول أو المتشتتة- بالعمل على «شدها» أثناء التجفيف والتي تكون عرضة للتفتت أثناء التعامل معها، يمكن أن تقود إلى وجوب تدعيم القطعة قبل اللصق؛ يجب أن نكون على يقين أن القطعة ستتحمل عدم التجانس الذي سيجلبه لها تدعيم الحواف. في النهاية، يكون غالباً من المستحب بشكل أكبر تدعيم القطعة ككل.

هل يمكن لنا عزل شقفة مسامية أو جعلها غير منفذة، حتى نتجنب مثلاً عدم رجوعية اللصق المتصلب حرارياً (وذلك بوضع طبقة وسيطة تكون رجوعية وتقع فيما بين الشقفة واللاصق) أو حتى نحد من انتشار لاصق له سيولة كافية في داخل المادة؟ في الحالة الأولى، ستعتمد قوة اللصق أيضاً على قوة طبقة التعليق الوسيطة تلك: إذاً لماذا نستخدم اللواصق الحرارية المتصلدة بالحرارة؟ من الأفضل لنا استبدال الفكرة الوهمية للطبقة الحاجبة couche-écran، تامة الرجوعية، بمطمع أكثر واقعية الا وهو تدعيم الحواف المراد لصقها، هذه الحواف تصبح إذاً مؤهلة بشكل أفضل لتحمل العمليات الضرورية لفك اللاصق. في الحالة الثانية، فإن عملية (التكليس (المعجنة) للحواف بمحلول من بارالويد Paraloïd مركز بشكل كافي، ١٠ ـ ١٥٪) يمكن أن تكون نافعة. يمكن لنا أيضاً أن نختار لاصق أكثر غلظة أو تم تغليظ قوامه بالأيروزيل (الأيروسيل) aérosil.

القطع الكاملة الشديدة التشظي يكون إعادة تركيبها صعب إلى جانب الأخطاء الصغيرة جداً في التوجيه عند وضع القطع المتكسرة، ولإتمام العمل فإن الشقفات الأخيرة تأخذ مكانها بصعوبة في مجمل القطعة التي تكون إذاً «قد تباعدتفيما بينها»، بينما في المناطق الأخرى من القطعة فإن بعض «التنوير» يظهر بين الشقفات على الرغم من تمام تلاصقها. يمكن التغلب على هذه المشاكل إذا نجحنا في عمل وصلات رقيقة لأقصى حد. إن اللصق البطئ الشك أو الذي يمكن جعله لين التشرب بقليل من المحلول، يُسهل من الضبط النهائي.

يكون من الصعب أيضا إعادة تركيب بعض الأشكال غير المكتملة (ولكن في المقابل لا تكون هذه الأشكال صعب «تقفيلها»!). يمكن لنا الإستعانة بمقياس القطر calibre، وميزان الثقل (مطمار fil à plomb، (أو حتى اللجوء إلى منصبة على شكل potence، حتى نحسن من توجيه الأجزاء الناقصة من بطن آنية، ونحصل على تمركز صحيح للقيعان (صورة ٨).

أما فيما يتعلق باستبقاء القطع في وضعها أثناء عملية شك اللاصق، فإن الحيل لا تنعدم، بدءً من الحيل التقليدية (حوض مملؤ بالرمال، شريط لاصق)، إلى الحيل الأكثر إبتكاراً (أعواد بلزا (خشب خفيف قوي balse)، دوبار وخيط مرن «أستك» موضوع بشكل حاذق، بالون منفوخ بداخل الأشكال المغلقة، مشابك غسيل صغيرة، «قامطة» صغيرة، إلخ...) (من صورة ٩ إلى صورة ١٢). لكن بالرغم من لجؤنا إلى كل هذا الحذق فإنه لا يمكن تجنب تواجد بعض الشقفات المرتكزة على سطح تلاصق صغير في وضع خطيرتكون فيه منحرفة لا يدعمها إلا الفراغ. يجب علينا إذا العزم على عمل تقفيل ولوجزئي حتى يمكن لنا تعريضها لإحدى التقنيات المستخدمة في سد النواقص.



صورة ٨. بالنسبة لقاع هذا الإناء المحتوي على نواقص، والذي تكون نقط الوصل فيه عبارة عن نقطتين محدودتين جداً، فيتم سد ما به من فتحات ويوضع في مكانه عن طريق شد ميزان الثقل ثم يُركب في موضعه الدائم بعد سد النواقص الموجودة في بطن الإناء (خزف قادم من المزرعة الجولية في Boisanne à Plouer sur Rance، حفائر تحت قيادة Y. Menez، ترميم Pascale Chantriaux).

معالجة الأجزاء المحتوية على نواقص

ثلاثة مواقف يمكن أن تؤدي بنا إلى سد الأجزاء المحتوية على نواقص في القطعة الخزفية:

– حتى نضع الشقفات القليلة أو المنعدمة الترابط في مكانها، ويتم الحفاظ على مكانها بمواد سد النواقص؛

– حتى ندعم القطعة المركبة بشكل كلي، والتي أُضعفت بسبب ما بها من نواقص؛

– حتى نحسن من وضوح شكل القطعة ذات النواقص الكثيرة.

في الحالتين الأولاتين، فإن سد الفجوات يتم بالضرورة لكل النواقص في القطعة (صورة ١٣). وعلى كل الأحوال، فإن نوع من البحث عن القيمة الجمالية يفرض نفسه، حتى نضمن الرصانة لعملية سد النواقص، وظهور الأجزاء التي أجري لها الحفظ بشكل جلي، غير أن الإنشغال بالقيمة الجمالية يفرض نفسه في الحالة الثالثة بالتأكيد، سنرجع لهذا بعد أن نقدم بإيجاز بعض تقنيات سد النواقص.

مواد وتقنيات سد النواقص

واحدة من الطرق الأكثر قدماً (قد تكون واحدة من أكثرهم روعة من الناحية التقنية) تشتمل على سد نواقص الخزف باستخدام الخزف. فبعض القطع التي رُممت في القرن التاسع عشر تخفي مآثر حقيقية: مثل شقفة تم تشكيلها بالأبعاد المضبوطة، على الرغم من المصاعب التي يفرضها تراجع الطين المستخدم عند التسوية والتجفيف... هذا النوع من العمل والذي يكون أساسا بدافع الإنشغال بإجراء إصلاح غير ظاهر لم يعد يزوال اليوم. إلا أنه يجب أن نشير إلى عودة ظهور هذه الطريقة ولكن هذه المرة بغرض طول البقاء والتوافق الأمثل بين الأجزاء المختلفة للقطعة المراد ترميمها (Andreeva, Tcheremkhin, 1980). تبقي تلك الطريقة التقنية الموصوفة مغرية، وتكون المبررات التي تدعوا للجوء إليها ذات وزن. في حين أنها تبدو قليلة القابلية للتعميم بسبب الوقت والمعدات التي يتطلبها تنفيذها.



صورة ٩

الصور من ٩ إلى ١٢. إعادة تركيب أبريق كبير (pichet)، (نهاية القرن الرابع عشر بداية القرن الخامس عشر ببلدة Saint-Denis الوحدة الأثرية)، يتم تركيب الشكل ذو النواقص الشديدة باستخدام «قامطة» صغيرة وقطع صغيرة من الخشب، في ١١، جزء من «رقبة»، سيتم سد الفجوات فيه. حتى نتمكن من المضي في إعادة تركيبه، يتم تثبيت شريحة البلاستيسين plasticine، بمشبك غسيل (!) يتم حماية حواف الفجوة بفيلم من اللاتكس latex، سد نواقص البطن يتم إجراءه في المرحلة الأخيرة، تترك بعض النواقص الصغيرة كما هي (ترميم Paul Mardikian).



صورة ١١



صورة ١٠



صورة ١٢



صورة ١٣. سد جزئي لإناء ذو فجوات لإتاحة إيضاح الشكل الجانبي له (بروفيل) خزف قادم من مزرعة جولية في Boisanne à Plouer sur Rance، حفريات تحت قيادة Y. Menez ترميم لـ Pascale Chantriaux.

الجبس (الجص – جبس باريس) يظل الملجأ المعتاد في أغلب الأحوال (انظر تذكرة رقم ٢) وهو لا يمنح مقاومة عالية إلا أنها تكون كافية لأغلب القطع الخزفية الأثرية.

كثافة الجبس ومعامل تمدده الحراري (Barov, Lambert, 1984) يجعلا منه واحد من مواد سد الفجوات الأكثر توافقاً مع الخزف. يكون الجبس حساس للرطوبة ولكن عند الأخذ بظروف التخزين الصحيحة لا يمثل ذلك مشكلة، بل ويضمن هذا – في حالة فشل عملية سد الفجوات – إمكانية تسهيل الرجوعية وبالذات الميكانيكية منها لتلك العمليات عن طريق إضعافه بإضافة الماء إليه.

تؤخذ علامة الشكل الجانبي للقطعة على جزء قد تم حفظه بواسطة شريحة من البلاستيسين (أو الشمع المستعمل بواسطة طبيب الأسنان cire dentaire)، ثم تُوضع مقابلة للجزء المحتوي على النواقص (أنظر شكل ١١). ويتم صب الجبس في الفراغات بزيادة طفيفة، ثم يتعامل معه بسرعة وهو مايزال رخو ليصبح في المستوى والشكل العام المناسب. بعد شك الجبس، يتم نزع البلاستيسين والأجزاء المستخدمة في سد النواقص ويحتمل القيام بصنفرته على الناشف.

هذا الإطار العام للعملية قد يحتوي على بعض الأمور المتغيرة تبعاً للحالة:

– يتم تلوين الجبس قبل الاستخدام بواسطة الصبغات (الخضاب). يجب أن يكون الخليط تام التجانس (يتطلب غربلة) وأن تكون الصبغة مطحونة بشكل جيد جدا. إذا كانت كمية الصبغة كبيرة فإنها تعوق شك الجبس ويكون إذا من الصعب الحصول على لون معتم بواسطة تلك الطريقة. لا يكون لون خليط المسحوق هو نفسه لون السدة الجافة تماما: يجب ضبط درجة إشراق اللون بملاحظة اللون الذي ستأخذه عينات صغيرة بعد شكها. وأخيرا، فإنه يجب تحضير كمية الجبس الملونة اللازمة لجميع نواقص القطعة (فنحن لا نتوصل أبدا لعمل خليطين متطابقين بشكل كامل)؛

– يتم عمل تعديل .لدرجة إشراق اللون وللنسيج ويحتمل كذلك للزخارف. وهذا يتم للجبس الملون أو غير الملون، بعد عزله (بدهان

أكريليكي، بالفرشاة أو بالمرشة (مسدس الرش)، بالصبغة المخففة في الغراء الأبيض، في البرالويد، أو بألوان «maïmeri») (الصور ١٤ و١٥)؛

– يتم تقوية الجبس بإضافة بعض قطرات من غراء أبيض إلى ماء العجن (PVAC مستحلب في الماء) أو بتدعيمه بعد التصلب (Paraloïd B72). ويحتمل أن يعوض هذا الضعف الذي تأتي به الصبغة من حيث كونها شحنة خاملة؛

– السدة الملونة لا يتم عملها بشكل متصل مع مستوى الخزف، ولكن بشيء من التراجع، بحيث يكون منتظماً وظاهراً بشكل قاطع بالنسبة لسطح الشقفات. ونحن نعترف بتفضيل هذا الحل الوسط؛ فالمناطق التي تم حفظها تبرز عن سواها بدون أدنى لبس (وتبدو بشكل ما في «الواجهة»)، بينما تكتسب مناطق السد بعض الحرية (درجة إشراق لون متوسطة للقطعة، درجة إشراق لون أفتح، درجة العجينة وليس درجة سطح الشقفة، إلخ...) (صورة ١٦).



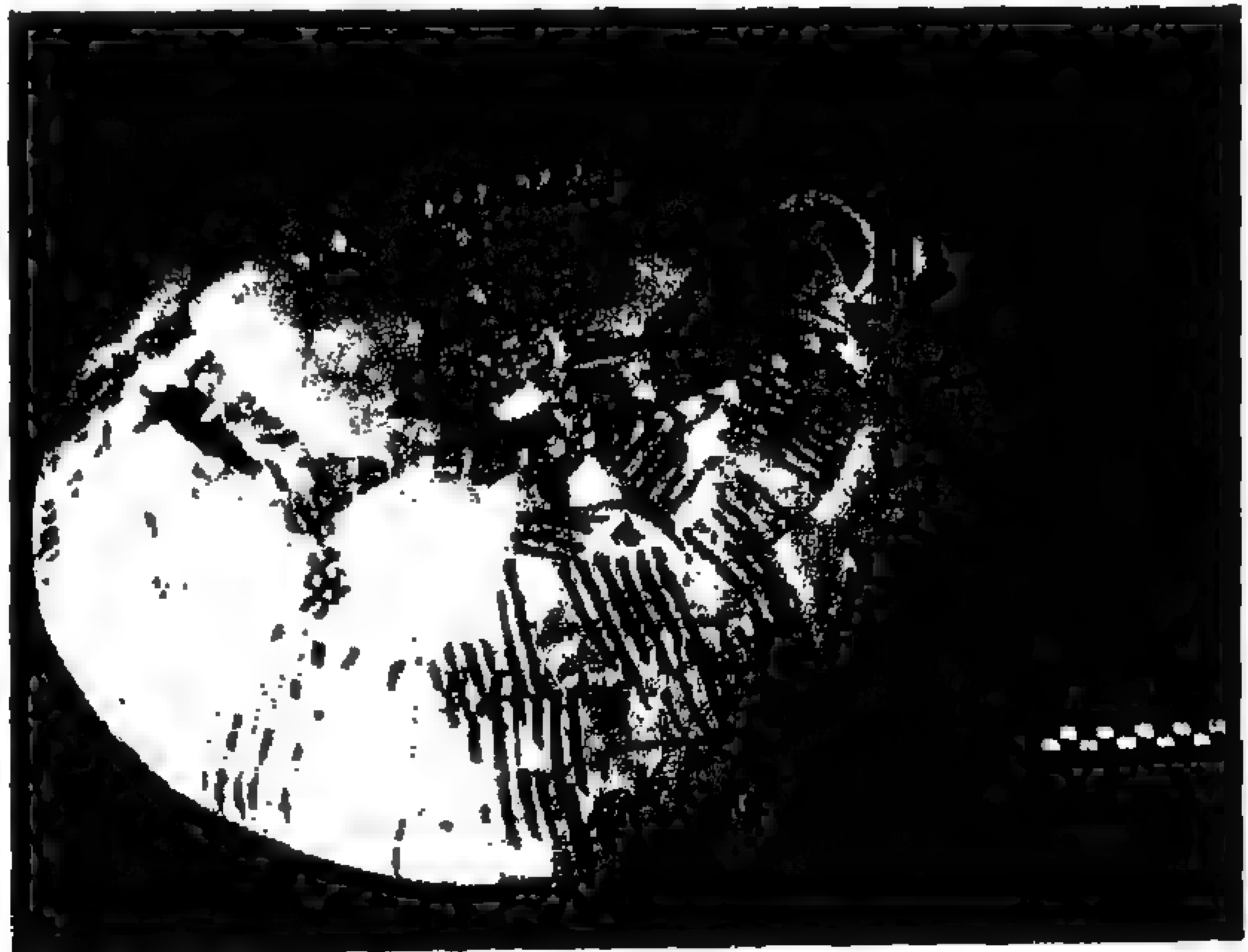


صور١٤ و١٥. تلوين لسدة من الجبس (طلاء أكريليكي) (خزف قادم من المزرعة الجولية في Boisanne à Plouer sur Rance، حفائر تحت قيادة Y. Menez ترميم Pascale Chantriaux).

إذا كانت النواقص كبيرة جدا فإن السد يمكن أن يتم على عدة مرات (نحرك دعامة البلاستيسين كلما تقدمنا في السد). يجب أن تُستر الوصلات الظاهرة، عن طريق اللمسات التهذيبية للشكل النهائي. أحيانا يسمح استخدام نواة من الطين يتم تشكيلها علي «الدولاب»، على هيئة

الشكل الداخلي للقطعة، بسد الخزف الشديد النقصان (شكل ٦) وبالدمج في الجبس لشقفات متفرقة معروفة الموضع.

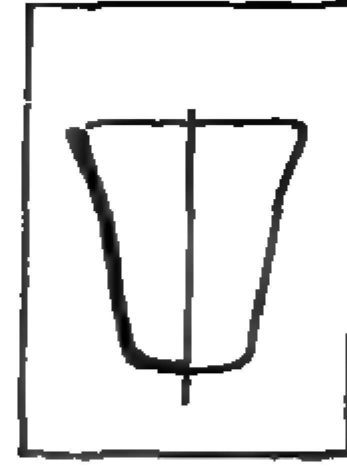
يستدعي استخدام الجبس الأخذ ببعض الإحتياطات: تجنب هجرة ماء عجن الجبس نحو التشققات المسامية وذلك بعزلها (تدعيم الحواف كما سبق أن مر علينا) أو بلها بالماء؛ حماية سطح الخزف من التلطخ بالجبس قبل جفافه أو من الجزيئات المتطايرة منه أثناء صنفرته (وذلك بشريط لاصق يوضع على حدود الأجزاء الناقصة أو «لاتكس» latex (دهان من لبن النباتات أو المطاط) يوضع بالفرشاة على سطح القطعة)؛ القيام بعمل هذا السد على الوجهين الداخلي والخارجي كلما أمكننا الوصول إليهما (وهذا يعني في بعض الأحوال القيام بذلك أثناء التركيب، بالنسبة للأشكال المغلقة)؛ تجنب الملامسة المطولة بين البلاستيسين/الشقفة المسامية (أكثر من ساعة)، يحتمل عزل البلاستيسين بواسطة بودرة التلك أو ورقة رقيقة من البلاستيك (نايلون) المستعمل في حفظ المواد الغذائية. وأخيرا، فإن كل القطع الخزفية لا تتحمل الزيادة في الماء التي تأتي بها هذه التقنية أو الشد المعمول على سطحها إبان نزع اللاتكس أو الشريط الاصق.



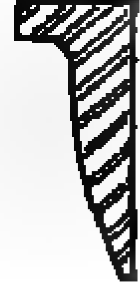
صورة ١٦. غطاء كبير يستعمل بغرض تغطية النار من نهاية القرن الرابع عشر الميلادي سُد بالجبس الملون بشكل فيه تراجع بسيط (بلدية سان دونيه، الوحدة الأثرية، ترميم تحت قيادة Caroline Reller تصوير Olivier Meyer).



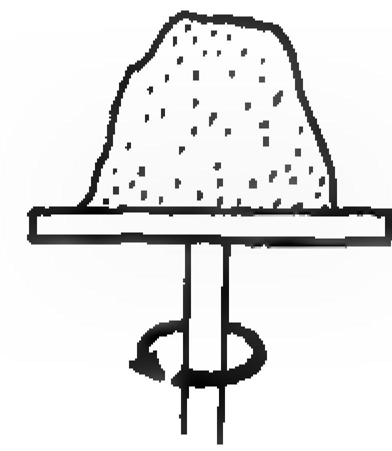
آنية غير مكتملة بشكل كبير ولكنها تعتبر مكتملة من « الناحية الأثرية »

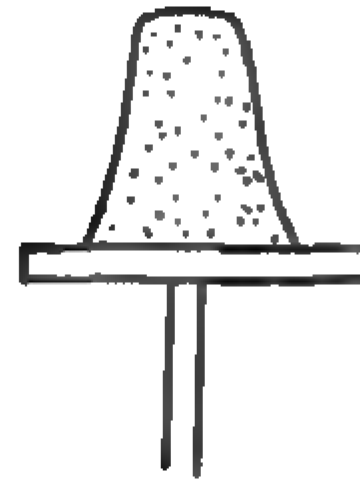


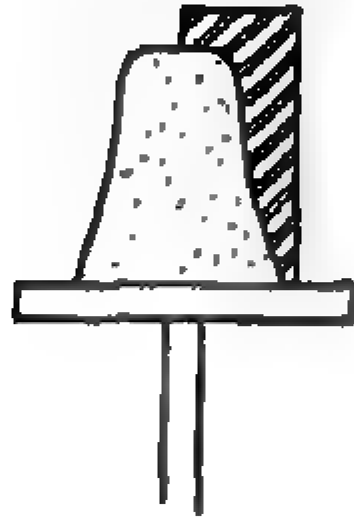
رسم اثرى ———> شكل جانبي (بروفيل)



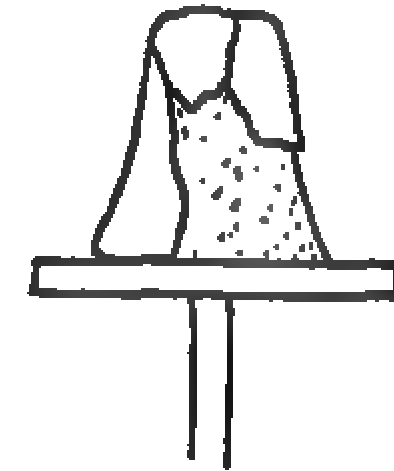
عمل شكل عياري (قالب) (مستقطع من الورق المقوى أو شريحة معدنية إلخ ...) لنسخ الشكل الجانبى الداخلي



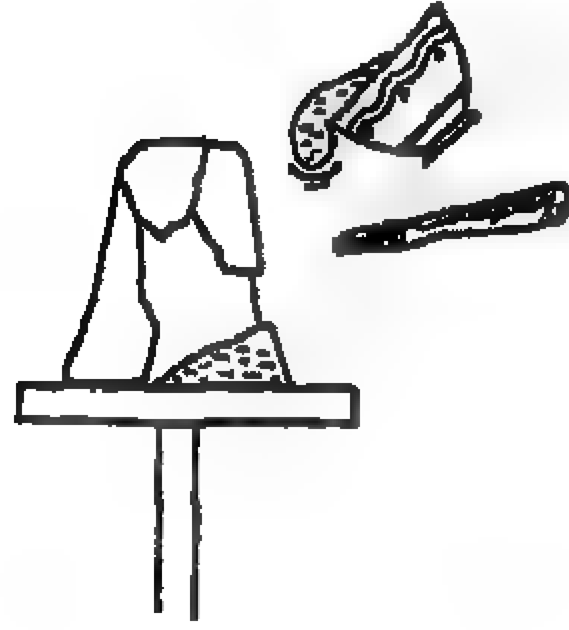




نقوم بتشكيل (خرط) قطعة من الطين ونضبط حجمها بالاستعانة بالشكل العيارى

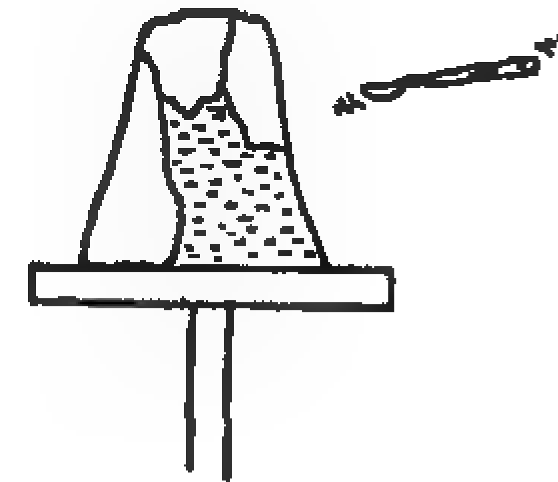






يتم حماية سطح الشقفات

نقوم بوضع الشقفات في اماكنها على قطعة الطين، ثم نصب الجبس على قطعة الطين فى كل الأجزاء الناقصة من الآنية



نقوم بتشكيل الجبس وهو فى الحالة النضرة (تسويةالأسطح، خلق مناطق غائرة) بواسطة المشرط



يتم إزالة قطعة الطين التى تنكمش بعد التجفيف الجزئي (بواسطة ملعقة، أو مثقاب [سن مدبب])

شكل ٦. سد النواقص لإناء غير مكتمل تماما بواسطة نواة.

يكون العيب الأساسي للجبس عدم إلتصاقه بشدة على الشقفات المرتكز عليها. نحن جميعا على دراية بتلك السدة التي «تنفصل» عن القطعة في نهاية العمل لتصبح كمثل شقفة كاذبة جديدة. يمكن في بعض الأحيان بالفعل إعادة وضعها في محلها كشقفة وذلك عن طريق لصقها. يمكن أيضا تقوية الوصلة خزف/سدة و ذلك بعمل تشرب للاصق كإجراء وقائي بشكل ما، إلا إذا انحزنا إلى إختيار سدة من النوع الذي يتحول بشكل مقصود إلى سدة متحركة وقابلة للنزع، كما ورد حديثا (Koob, 1987).

مواد أخرى تكون قابلة للاستخدام أيضا مثل الخليط المكون أساسا من شمع وراتنج (المستخدم بالأخص في فلورانسا بإيطاليا من قبل بعض المرممين الفرنسيين) وهو يحتوي على شحنة معدنية ملونة بالصبغات. يتم وضعه على الساخن على دعامة مقاومة للحرارة (ورقة رصاص، شمع من النوع المستخدم في طب الأسنان). ولا يوجد هنا جلب للماء، والنتيجة قد تكون خلابة (مظهر ناعم، جيد الإنتظام، مصقول) وبالأخص ملائم لبعض أنواع من القطع (كالقطع المختومة مثلا). يكون إتمام العمل سريع جدا، الأعمال التهذيبية يمكن أن تتم باستخدام ملعقة الصيدلي (الفرة) المسخنة. يكون من الصعب منع أي هجرة للخليط المنصهر إلى داخل العجائن المسامية، وهذا قد يكون العيب الرئيسي لهذه التقنية بالاضافة للخطر المرتبط بدرجة الإنصهار المنخفضة لبعض مركبات الخليط (فعل الأتربة مثلا).

عجينة AJK التي قام Ione Gedye بوصف طريقة تحضيرها وكيفية استخدامها بشكل تفصيلي (Gedye, 1969, p. 122)، وهي مثيرة للإهتمام من عدة أوجه. فهذا المستحلب المائي في محلول راتنج ڤينيلي والمُحمل بالكاولين وبحشو من ألياف القنب يمكن أن يُشكل أو يستعمل على شكل لفائف من الطين أو يؤخذ مباشرة ليتخذ شكل ما على جزء يكون قد تم حفظه. بعد تصلبه، يمكن له أن يلين بالحرارة أو بالأسيتون لغرض تهذيب الأسطح به. السدة السميكة يتم عملها بوضع عدة طبقات متتالية وذلك للتحكم في التراجع وضمان تصلب الجسم ككل (عن طريق تبخر المذيب). في فرنسا، يبقي استخدامه قليل الانتشار، يحتمل أن يكون هذا بسبب

طبيعة صناعته المعقدة جدا. ما يكون جائز عمله في ورشة كبيرة داخل متحف يجري بها يوميا العديد من المعالجات لمختلف القطع، لا يمكن نقل تطبيقه بسهولة في وحدات الحفظ والترميم الصغيرة المميزة لبلد كفرنسا.

معاجين البوليستر mastics polyesters أخيرا، (نظام ذو مكونين مع شحنة معدنية بيضاء داخلة في تكوينه) يمكن أن تستخدم على الخزف الصلب والرقيق أمثال الخزف الصيني والخزف المزخرف. تصنفر السدة بورق الصنفرة أو بأحجار تجليخ صغيرة مركبة على وصلة مرنة مثل الموجودة في الجهاز الخاص بطبيب الأسنان، ويمكن أن توضع عليها أعمال تهذيبية (رتوش) أو طلاء براق مما يسمح بشكل محتمل بإعادة بعض الزخارف التي من الصعب تمييزها (يستعمل بالأخص الطلاء البراق (ڤرنيه) والدهان البوليرتان).

بغض النظر عن التقنية المستخدمة، فإن معالجة النواقص يمكن أن تلبي أغراضاً شديدة التباين. فمن السدة البيضاء التي تشكل حدا فاصلا مع الأجزاء الأصلية إلى إصلاح النواقص المخادع، وتكون كل الطرق المتبعة جائزة. يمكن لنا أيضا «معجنة» وإضفاء درجة لون للوصلات التي بين القطع حتى نتوصل إلى تقديم قطعة تبدو وكأنها كاملة وسليمة، حتى ولوكنا فضلا عن ذلك سنحتفظ بعناية بباتينا patine للقطعة «لا يستهان بها». عند تلك الدرجة من الكتمان والمداراة فإن السدة والأعمال التهذيبية دائما تجور من الناحية العملية قليلا على الأجزاء الأصلية وهذا مقبول بالنسبة لخزف المجموعات التاريخية ولكنه يكون عادةً مستهجن بالنسبة للقطع الأثرية (Hodges, 1975). وهذا يجري عامتاً ولكن ليس دائما وليس في كل مكان.

عند أي ترميم، تخرج علينا مختلف الأسئلة بداية من تلك التي تطرح أولا: لماذا نسد النواقص عندما لا يكون هذا لزاما للتماسك الميكانيكي للمجموع أو لوضع كل الكسرات فى أماكنها؟ هل كل القطع ذات النواقص مجردة من الجمال أو غير مفهومة؟ لا يوجد هنا شئ مؤكد على الإطلاق. يوجد أيضا تقنيات أنيقة جدا لعمل القواعد أو الدعامات الملائمة (من البلكسي جلاس مثلا). هل يمكن لنا سد قطعة تكون النواقص بها كبيرة جدا؟ أيستوجب أن يكون هناك حد فاصل «يسمح» بعده بالسد، ٥٠٪

من القطعة تكون محفوظة مثلا، أو أكثر أو أقل؟ هل يمكن لنا إعادة عمل مقبض أو عنق إناء مستوحيان بالتوازي مع نظائرهما؟ ما هي درجة الوضوح التي يجب أن تكون للأجزاء المُرممة؟ أتكون مرئية من بُعد أقل من ١٥ سم، ٥٠ سم، أو ١ متر؟ أتكون مرئية على صورة فوتوغرافية أبيض وأسود؟

إذا صَدقنا القول، فإنه لا يوجد إجماع مطلقاً في هذا الشأن، وهذا من حسناته أنه يُبقي على إعمال التفكير بشكل دائم، ويسمح للمسئولين عن المجموعات الخزفية بالأخذ بحلول قابلة للتنوع والتأويل تكون ملائمة للظروف التي يتم فيها عرض، تخزين «تفحص» أو تجوال القطعة. من المؤكد أن بعض التجانس في المواقف المتخذة بالنسبة لمجموعة أو سلسلة مترابطة يبقى من الأمور المستحبة. ولكن أبعد من ذلك، فإنه ليس من المؤكد أن القطع سوف تكسب، ولا نحن أكثر منها، عند إجراء ترميمات نمطية بعيدة المدى.

معايير الحفظ على المدى الطويل

سنخصص الباب العاشر لهذا الموضوع، سنذكر هنا باختصار بعض النقاط الهامة. الشقفات في الحالة المثلى يجب أن تُخزن في علب وتوضع في طبقات متتالية مع مادة حاشية بين كل طبقة وأخرى (من نوع شرائح البلاستيك ذات الفقاقيع)، وذلك لتجنب الحت عن طريق إحتكاك الواحدة إلى جانب الأخرى في الأكياس. يمكن أيضا عمل دولاب لحفظ الشقفات tessonier التي نلجأ للإطلاع عليها بشكل دائم في قطعة أثاث ذات أدراج مسطحة ومبطنة من الداخل وتكون منزلقة بدون إحداث تصادمات.

تأمين القطع الكاملة يتطلب غالبا قاعدة أو سند متوافق مع كل قطعة، ويكون هذا من السهل جدا تصنيعه (بوليستيرين منبسط) إذا كان الأمر لا يتعلق بقطع معروضة. في دواليب العرض الزجاجية كما في المخازن، فإن الخزف يُخشى عليه من الإهتزازات التي يمكن أن تنتقل إليه من الأثاث. وأخيرا، فإنه أثناء تغليفها قبل النقل (إذا لم يقوم بالنقل شركة متخصصة) يجب أن يكون في ذهننا حمايتها ضد الصدمات وعلى نفس القدر المخاطر

المرتبطة بفك التغليف: أي «مأخذ» على القطعة سيكون متيسر - للشخص الموكل إليه هذا العمل - إمساكها منه؛ هل يمكن له تقدير شكلها بسهولة، ونقط الضعف فيها، إلخ...

في المتمة، فإن القطع المرممة لا تبدو وكأنها خزف ليس إلا. يجب علينا إذا حفظ الكل: خزف + لاصق، خزف + مُدعم، خزف + مُثبت، خزف + جبس، إلخ... فالعوامل المهملة بالنسبة للمادة الخزفية إذا اعتبرت منفصلة تصبح مهمة: الرطوبة المغيرة للجبس، الضوء المغير للمثبتات، الحرارة المبدلة من مسلك وصلات اللاصق، الكائنات المِكروية التي يمكن أن تجد لها على بعض الراتنجات التخليقية دعامة ملائمة...

يكون مع ذلك من المؤسف أن نختم بسطور مفجعة كهذه!

المسئولون عن المجموعات الأثرية يعرفون جيدا أن أكبر المصاعب لديهم لا تكون القطع الخزفية هي المتسببة فيها، حتي «المُرممة» منها، وهذا لحسن الحظ، غير أن عدد القطع الخزفية يكون هائلا ويمثل مشكلة كافية في حد ذاته عند تنظيم أماكن التخزين... سنذكر على الرغم من كل شئ: أن التعميم لبعض العادات البسيطة يمكن مستقبليا أن يُجنب مرممي الخزف بعض العمل غير اللازم، أليس هذا صحيحا؟

الباب الرابع

الزجاج

مارتين بابي

الزجاج هو مادة غير مستقرة من الناحية الميكانيكية والكيميائية. ويبرز هذا في الزجاج الأثري بشكل خاص نيجة كونه محفوظاً في وسط عدواني: فالتربة هي وسط نشط يكون من الشائع أن يتواجد فيه الحت الميكانيكي والنشع وكذلك الغازات. حساسية الزجاج لتلك الهجمات ستعتمد على طريقة تصنيعه وتركيبه واستعمالاته علاوة على فترة ووسط الدفن: يمكن لنا إذاً أن نقول إن تاريخ الزجاج، من لحظة تصنيعه وحتى وقت وروده إلينا، يؤثر بشدة على سلوكه علي مر الزمن.

عمليات التغيير altération التي تؤخذ في الإعتبار تكون معقدة جداً ولم يُكشف عنها بشكل جيد. وحتى نحاول أن نفهمها، فإننا لم نكتف بتجميع معلوماتنا من الدراسات المتخصصة على الزجاج القديم فحسب (Bettembourg, 1976; Winter, 1982)، ولكننا إستعنا أيضاً بالدراسات التي تمت على الزجاج الصناعي (Godron, 1976; Rivista Internazionale Del Vetro, 1984)، أو من دراسات التقنيات (التقانات) العامة للمواد الزجاجية (Scholze, 1980; Vogel, 1985)، يخيل إلينا أن تجميع تلك البيانات هو شرط أساسي من أجل ضمان أقصى حفظ للزجاج، حتى وإن كنا في وقتنا الحاضر مانزال في بدايات تلك العملية.

تركيب الزجاج

صناعة الزجاج تتطلب الانصهار، عند درجة حرارة فيما بين ١٤٠٠ و١٥٠٠ درجة سلسيوز، لخليط من المواد المتزججة، والأكاسيد القلوية والقلوية الطينية alcalino-terreux. أما إذا رغبنا في الحصول على زجاج من نوع خاص، فإنه يمكن لنا إضافة مواد مساعدة مختلفة adjuvants لهذه المجموعة. هذا الخليط يتم تطريته بالتدريج تحت تأثير الحرارة، عن طريق تكوين عجينة لزجة نتوصل لتشكيلها فيما بين ٦٥٠ و١٠٠٠ درجة سلسيوز.

المواد المتزججة

المادة المتزججة الأكثر استعمالاً هي السيلكا ورمزها الكيميائي SiO_2. يكون الكوارتز هو مكونها البلوري الأكثر شيوعاً، ونجده في الرمال. بالنسبة للزجاج ذوالجودة المنخفضة فإننا نستعمل أيضاً السيلكس (الحجر الصوان) silex والفلسبار (الفلدسبار) feldspath والحمم البركانية laves والخلقيدونية (حجر شفاف) calcédoine (galets de mer) إلخ... (Duval, 1984).

يوجد كذلك مواد متزججة أخرى كأنهدريد البور anhydride borique (B_2O_3) أو أنهدريد الفسفور anhydride phosphorique (P_2O_5). يمكن أن نلاحظ في السياق أن زجاج العصور الوسطى يتضح غناه بالفسفور لكونه مُصنعاً من رماد الخشب الذي يحتوي على تلك المادة (Geilmann, Brackbauer, 1954).

المواد المتزججة تشكل العنصر الرئيسي للزجاج «التقليدي» (٧٠٪). تمنح تلك المواد الزجاج حالته الزجاجية المميزة له بشكل واضح: فهذه المنتجات لها في الواقع خاصية بقاؤها، بدون صعوبة، محفوظة بعد الانصهار في حالة ميوعة surfusion وهذا يعني كونها في حالة غير متبلورة (لا

بلورية) amorphe بغض النظر عن درجة الحرارة، حتى تصير صلبة على حالتها تلك. زائد على ذلك، أن لها إمكانية توصيل مقدرتها على التزجج إلى مواد بلورية أخرى. وهي مواد تمدنا بزجاج حامضي وصلب ذو مقاومية (مقاومة كهربية نوعية) resistivité عالية.

تكون درجة انصهار هذه المواد عالية (بالنسبة للسيلكا تصل إلى ١٧١٠ درجة سلسيوز)، فهي إذاً مواد يصعب تشكيلها. حتى نحد من هذا العيب فإننا نضيف إلى التركيبة الأساسية للزجاج الأكاسيد القلوية والقلوية الطينية.

الأكاسيد القلوية

هي كل عناصر الصف الأول من جدول مندليف. وهي تمتلك إلكترون واحد على مدارها الخارجي، مما يمنحها تفاعلية عالية. وهي موجودة في الزجاج في صورة أكسيدية رمزها R_2O، الأكثر استخداماً هي ...Li_2O, Na_2O, K_2O

– الليثيوم (Li) يُجلب عادةً عن طريق كربونات الليثيوم ($LiO_2\ CO_3$) أو الميكا – الليبيدوليت lipidolite ($6SiO_2$, Al_2O_3, LiO_2)؛

– الصوديوم (Na) يمكن أن ندخله على شكل أكسيد (Na_2O) أو كربونات (Na_2CO_3) أو كبريتات (Na_2SO_4) أو نترات (Na_2NO_3)؛

– البوتاسيوم (K) يأتي من ملحين رئيسيين، ملح البارود salpêtre أو نترات البوتاسيوم (KNO_3) وكربونات البوتاسيوم (K_2CO_3).

على مر تاريخ الزجاج، إتفق بالنسبة للزجاج القادم من الإنتاج «العتيق» (إنتاج بلاد ما بين النهرين، مصري، روماني، بيزنطي، إسلامي)، على إعتبار كونه زجاج مكون أساساً من الصوديوم «صودي» verre sodique. وكان عنصر الصوديوم قادماً من النطرون natron، وهو خام مأخوذ من أعماق البحيرات المالحة. ثم تم إستبدال هذا الأخير لاحقاً بالبوتاسيوم، القادم من رماد نباتات يسهل الحصول عليها، كشجر البلوط، وشجر التفاح وشجر الفوجير، إلخ... (Lahanier, 1971).. غير أن الواقع يبدو أكثر تعقيداً فتلك النوعيات من مسهلات الانصهار قد تم استخدامها بشكل متزامن على مر العصور الوسطى.

من المعروف لدينا (Foy, 1988) أن الزجّاجين (صانعي الزجاج) الغربيين كانوا يستخدمون «رماد الكليس» calis، وهي نباتات غنية بالصودا وذلك لتصنيع زجاجهم. وهذه النباتات ذات الأوراق الشوكية المشبعة بالأملاح كانت تنمو ليس فقط في صحاري البلاد الشرقية ولكن في مجمل حوض البحر المتوسط أيضاً، تسمى العناصر القلوية بمساعدات الانصهار fondant، وهي على الرغم من كونها غير قابلة للانصهار إلا أنها تتحد مع السيلكا لخفض درجة إنصهارها إلى ١٠٥٠ درجة سلسيوز.

ويسمح وجودها بزيادة مدى نطاق تشغيل الكتلة الزجاجية عندما تنتقل من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة والتي يحاول الزجّاج تشكيلها عند حوالي ٧٠٠ درجة سلسيوز. ولكنها لسوء الحظ تقلل من المقاومة الكيميائية للزجاج بتيسير قابليته للذوبان في الماء.

التركيب	زجاج صودي - كلسي، تحليل VEM 41	زجاج بوتاسيو - كلسي، تحليل VEM 8
SiO_2	54,1	56,3
Na_2O	13,6	5,2
K_2O	5,7	12,2
CaO	11,4	12,0
MgO	5,85	5,5
MnO	2,3	0,9
Fe_2O_3	1,00	0,8
Al_2O_3	3,05	2,75
P_2O_5	2,4	3,05
TiO_2	0,08	0,11

جدول رقم ١. تركيب نوعان من زجاج العصور الوسطى (نهاية القرن الثاني عشر والقرن الثالث عشر، موقع Rougiers، مأخوذ من Foy, 1988, p. 408.

الأكاسيد القلوية الطينية

الأكاسيد القلوية الطينية alcalino-terreux هي عناصر الصف الثاني للجدول الدوري للعناصر وتمتلك إلكترونات على مدارها الخارجي. تكون هذه العناصر موجودة في الزجاج في صورة أكسيد معادلته على شكل RO، ويكون أكسيدا الكالسيوم CaO أو الماغنسيوم MgO من أكثر الأكاسيد استخداماً بشكل دارج.

يُستمد الكالسيوم من الجير الحي أو المطفي ($CaO, Ca(OH)_2$) والذي يأتي نفسه من كلسنة calcination كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)، أو من الدولوميت dolomie ($CaCO_3\ MgCO_3$)، أو أيضاً من القواقع. ويمكن أيضاً أن يستمد من كلسنة هيدروكسي أباتيت العظام hydroxyapatite ($Ca(OH)_2, 3Ca_3PO_4$).

يُستخلص الماغنسيوم عادةً من جير كالدولوميت ($CaCO_3\ MgCO_3$)، أو الكارناليت carnallite ($KCl, MgCl_2\ 6H_2O$). العناصر القلوية الطينية تعتبر مثبتات stabilisants، وهي تؤثر على بعض الخصائص الفيزيائية التي تحدد هشاشة الزجاج:

- فهي ترفع من المقاومة الميكانيكية (مقاومة الشد) للزجاج، ومع هذا تبقى تلك المقاومة ضعيفة جداً (من ٤ إلى ١٠كجم/م^2)؛
- ترفع من صلابته (من ١٠٠ إلى ٢٧٠ على مقياس أورباخ Auerbach؛
- تجعل الزجاج أقل لدونة، وبالتالي أكثر صعوبة في التشغيل؛
- تقلل من قابليته للذوبان في الماء؛
- تمنح مظهر براق للمادة.

إذا أضيفت بشكل زائد عن الحد فإنها تعمل في المقابل على عدم حدوث التزجج dévitrification للزجاج (مفهوم سيتم شرحه لاحقاً) وذلك عن طريق تكوين سيلكات الجير التي تتبلور على شكل ولاستونيت wollastonite (SiO_2CaO). ويجد إذاً البناء الزجاجي نفسه وقد اضطرب تماماً.

العناصر الوسيطة

وهي عناصر إمفوتيرية (حامضية قلوية) amphotères، رمزها الكيميائي على شكل R_2O_3. ومن أكثرها شيوعا: الألومينا (Al_2O_3) alumine؛ أكسيد البور (B_2O_3) bore؛ أكسيد الحديد Fe_2O_3؛ إذا أخذنا الألومينا كمثال فإنها:

- تدخل في صورة ميكا أو فلسبار نقي جداً، أو في صورة ألومينا متميئة، وتكون ناتجة من البوكسيت Al_2O_3, $2H_2O$؛
- تعتبر مادة حرارية على قدر عالي، فتنصهر عند حوالي ٢٠٥٠ درجة سلسيوز؛
- تميل إلى تلوين الزجاج المحتوي على سيسكي أكسيد الحديد sesquioxyde de fer؛
- تسمح لنا بتجنب تبلور الكتلة الزجاجية أثناء تبريدها؛
- إذا أضيفت بكميات ضئيلة، فإنها تزيد من مقاومة الزجاج. أما إذا أضيفت بكميات أكبر فإنها تقلل منها.

تكون وظيفة العناصر الإمفوتيرية (حامضية قلوية) غير واضحة تماماً وتختلف على حسب كون تلك العناصر موجودة بالنقص أو بالزيادة.

العناصر الإضافية

هي العناصر التي تدخل باعتبارها ملونات colorant أو مزيلات ألوان décolorant أو مصححات correctif للزجاج. وهي غالباً ما تضاف على شكل أكاسيد أوكبريتات أو أملاح معدنية أو مسحوق المعادن. ونسبتها تكون ضعيفه جداً (١/١٠٠٠٠) بحيث لا تُحدث تغيير محسوس في خصائص الزجاج. لا يكون التأثير الناتج عنها مرتبطاً فقط بطبيعة وكمية الأكاسيد المستخدمة، بل أيضاً بتركيب الزجاج والوسط داخل الفرن.

الملونات colorants ‏(Lajarte, 1979)

مجموعة ملونات الزجاج تكون غنية ومتعددة (Escalopier, 1943). وهي تؤثر تبعا لثلاث طرق رئيسية:

- «التلوين المباشر» coloration directe أو «التلوين من الطراز الأيوني» وفيها تكون الملونات الداخلة (حديد أو كوبالت مثلاً) على شكل أيونات موجبة. هذا النوع يندمج بسهولة في العجائن ويذوب تماماً. تخلق هذه الظاهرة كتلة زجاجية ملونة متجانسة ومستقرة على الوجه الأكمل.

- «التلوين غير المباشر» coloration indirecte أو «التلوين عن طريق الجزيئات المُتشتِتة» و فيها يظهر اللون عن طريق تجمع الذرات المعدنية على شكل جسيمات غروانية (شبه غروية) colloïdales في الكتلة الزجاجية. ولكي يظهر هذا اللون فإنه يستلزم غالباً إجراء معالجة حرارية (وهذا هو الحال بالنسبة للنحاس والذهب والكروم والفضة والسيلنيوم sélénium ومسحوق الكبريت). إذا لم يتم مراقبة منحنى التبريد بشكل صارم بحيث يتهاوى بشكل سريع جداً، فإن تجمع الجسيمات الغروانية لا يكون ممكناً: وبذلك يبقي الزجاج بدون لون.

- «التلوين الظاهري» coloration superficielle وهي عمليات تلوين قابلة للتغيير بشكل أسهل من تلك التي سبق وصفها، وتنتج عن:

- السمنتة. في تلك الحالة يتفاعل الزجاج على الساخن (حوالي ٦٠٠ درجة سلسيوز) مع ملح معدني. وينتج إذاً تبادل أيوني بين هاتين المادتين يسمح بتلوين السطح. وهذه الظاهرة التي تم ملاحظتها مع استعمال «الأصفر اللامع» jaune d'argent (بدأ ظهوره في القرن الرابع عشر بعد الميلاد) أو «أحمر الدم» sanguine (بدأ ظهوره في نهاية القرن الخامس عشر)؛

- ترسيب مكونات معدنية ومواد متزججة عند حوالي ٦٠٠ درجة سلسيوز. عندما ينتج التلوين عن طريق خليط من المركبات الملونة والمنصهر، سنطلق عليه «ترميدية» grisaille، وعندما يتفاعل المركب الملون ويذوب مع المنصهر سنطلق عليه «ميناء» (مينا) émail؛

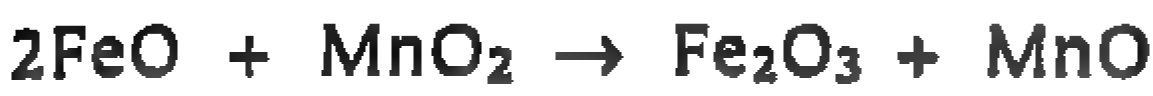
- ترسيب للألوان أو تذهيب على البارد.

مزيلات الألوان

يحتوي الزجاج دائماً عند تصنيعه – وبالذات بواسطة الزجّاجين القدامى – على القليل من الحديد في صورة أكاسيد حديدوز oxydes ferreux، $FeO(Fe^{2+})$ وأكاسيد حديديك oxydes ferriques، $Fe_2O_3(Fe^{3+})$، واللذان ينتج عنهما تلوين أخضر أو أزرق، على حسب وسط التسوية. لكي نحصل على زجاج عديم اللون فهناك طرق مختلفة يمكن العمل بها:

– إتباع طريقة معالجة فيزيائية: نستعمل ألوان مُكملة حتى نعادل اللون الدخيل؛

– إتباع طريقة معالجة كيميائية: نقوم بإدخال مؤكسدات في التركيبة مثل ثاني أكسيد المنجنيز MnO_2 الذي يطلق عليه صابون الزجّاج savon du verrier، الزرنيخ arsenic (As_2O_3) أو أيضاً نترات الصوديوم $(NaNO_3)$، يبين المثال التفاعل القائم:



$$2FeO + MnO_2 \rightarrow Fe_2O_3 + MnO$$

حيث FeO (أصفر/أخضر)، MnO_2 (بمبي/مائل إلى بنفسجي)، Fe_2O_3 (ضعيف اللون)، MnO (عديم اللون).

يبدو أن إزالة اللون décoloration عن طريق المنجنيز كانت معروفة منذ بداية القرن الأول (Barrelet, 1985) ولكنها قد استعملت بانتظام بشكل أكبر من بداية القرن السابع عشر.

المعتمات

تزيل المعتمات opacifiants شفافية الزجاج بحيث لا يعود الضوء يمر من الجدار الزجاجي. المعتمات المعروفة بشكل واسع هي عامةً من الأكاسيد مثل:

– الأنتيمون Sb_2O_3، المستخدم أساساً في العصور القديمة بالاشتراك مع الرصاص أو الكالسيوم؛

– أكسيد القصدير SnO_3 المستخدم في العصور الوسطى؛

– أكسيد الزنك ZnO؛

– رماد العظام.

عناصر الطفيلية

العناصر الطفيلية parasitaires يتم إدخالها بطريق الخطأ في وسط الفرن على هيئة شوائب أو أجسام قابلة للتطاير جزئياً (H_2O, SO_2, CO_2, O_2, ...).

علم تشكيل الزجاج

حالة التزجج وظاهرة زوال الشفافية

يُعتبر الزجاج عادةً سائل مُتصلب مُبرد بشكل كبير sous refroidi (Damour, 1951; Peyches, 1971). وهو مادة شفافة، متجانسة، موحدة الخواص isotrope، ذات بنية لا بلورية (غير متبلورة) amorphe، ويكون الترتيب الجزيئي بها ترتيباً كاذباً pseudo-ordonné على مدى واسع (Peyches, 1985). عندما يتحول جسم مثل المعدن من الحالة الصلبة المتبلورة غير الموحدة الخواص anisotrope إلى الحالة السائلة الموحدة الخواص isotrope، فإن هذا يتم عند درجة حرارة محددة وهي التي نطلق عليها نقطة الانصهار point de fusion. أما الزجاج فإنه لا يماثل ذلك فهو ليس لديه نقطة انصهار، بل ما يسمي بالأحرى بـ «نطاق التحول» domaine de transformation. فبدءاً من حالته كسائل عند درجة حرارة عالية، يتحول الزجاج شيئاً فشيئاً إلي عجين مع الانخفاض في درجة الحرارة، من دون أن يغير هذا من بنائه. يحتفظ الزجاج إذاً في الحالة الصلبة ببعض خواص الحالة السائلة. هذه الظاهرة تكون راجعة لخاصية أساسية للزجاج ألا وهي لزوجته.

خلال تبريد الكتلة الزجاجية، فإن اللزوجة يجب أن تزداد سريعاً بشكل كافي حتى تفقد الجزيئات الحركية اللازمة لترتيب نفسها في نسق بلوري؛ وهكذا يتصلب الزجاج من دون أن يتبلور.

وفي المقابل، إذا كانت سرعة التبريد ليست كافية فإن طوراً بلورياً معتماً وغير موحد الخواص يظهر إذاً في وسط الطور اللابلوري. سنطلق على ذلك «زوال الشفافية» dévitrification. وتلك الظاهرة تختص بظهور بلورات

متراكمة علي هيئة كتلة متماسكة لحد ما، في وسط الزجاج الشفاف. يُكشف عنها بالعين المجردة، ولكن تشتت الأشعة السينية diffraction X يفصح بشكل أكثر دقة من ذلك عن وجود أية بنية للتبلور.

ولا يجب أن نخلط فيما بين زوال الشفافية والتغيير الحاصل للزجاج altération: فمصطلح زوال الشفافية يشير إلى تغير بسيط للحالة الفيزيائية للمادة الزجاجية، ويقابل هذا إعادة لترتيب الذرات فلا يحدث أي تغيير لطبيعة أو نسب المواد المكونة للزجاج.

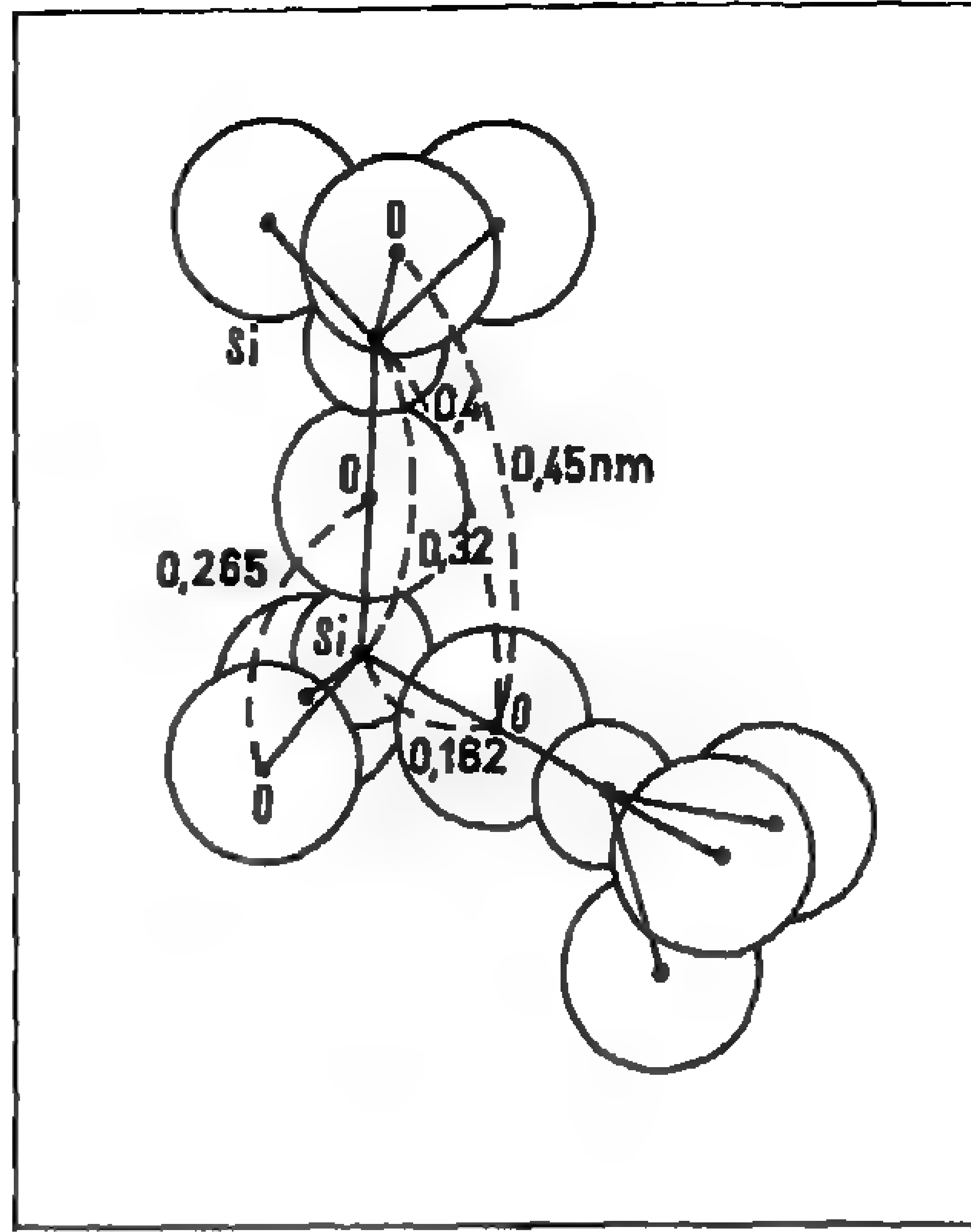
وعلى العكس من ذلك، فإنه في أثناء ظاهرة التغيير altération فإننا نكون في حضور تفاعلات كيميائية بين الزجاج والوسط المحيط به، ويتم بالفعل استبعاد بعض المكونات الأصلية.

النسق الزجاجي

هذا النسق يقابل ترتيب نسبي للذرات أو الأيونات الواقعة على مسافة بضع أنجستروم من بعضها البعض. وهو يتحدد على حسب حجم ومقاس العناصر. النسق الخاص بالزجاج يكون معقداً بشكل خاص وهو مايزال محلاً للجدل (Peyches, 1971). لن نقدم هنا إلا تمهيداً مختصراً عنه.

العناصر المكونة

النموذج النسقي motif structural المكوِن للزجاج الأكسيدي التقليدي هو السيلكا silice ورمزها SiO_2، وهو يمثل هيكل الكتلة المتزججة. التكوين الهندسي يكون رباعي الأوجه tétraédrique. تشغل ذرة السيلكون silicium حيز في الفجوة المتروكة في مركز الشكل الرباعي المكون من ذرات الأكسوجين الأربعة. تكون روابط Si-O المقامة قوية جداً (١٠٦ كيلوكالوري/جرام) (شكل ١). لا يوجد في النموذج النسقي الأولي للسيلكا روابط خالصة. سنتكلم بالأحرى إذاً عن النوع الأيوني – الإسهامي iono-covalent مع وجود رنين résonance بين الأشكال المتعددة.



شكل ١. نموذج نسقي اولي للسيلكا (Peyches, 1985, p. 981).

لا يكون البناء الرباعي للسيلكا ممكناً إلا إذا كانت كل ذرة أكسوجين تنتمي في نفس الوقت لذرتين سيلكون. يكون الترتيب الدوري للنسق الزجاجي للسيلكا مقارباً للكوارتز. في حين أنه بسبب عدم انتظام بنائه على المسافات القريبة والبعيدة، يكون مقبولاً وجود شئ من التشوه déformation لزوايا روابط العناصر المختلفة (في المتوسط ١٤٥ درجة). يتولد عن هذه الظاهرة عدم انتظام للتسلسل وهي صفة مميزة للبناء الزجاجي (شكل ٢).

غير أنه يجب استيفاء أربعة شروط، حتى نحصل على زجاج أكسيدي:

– العدد التنسيقي coordinence للكاتيونات يجب أن يكون صغيراً؛

– أيون الأكسوجين لا يجب أن يرتبط بأكثر من اثنين من الكاتيونات؛

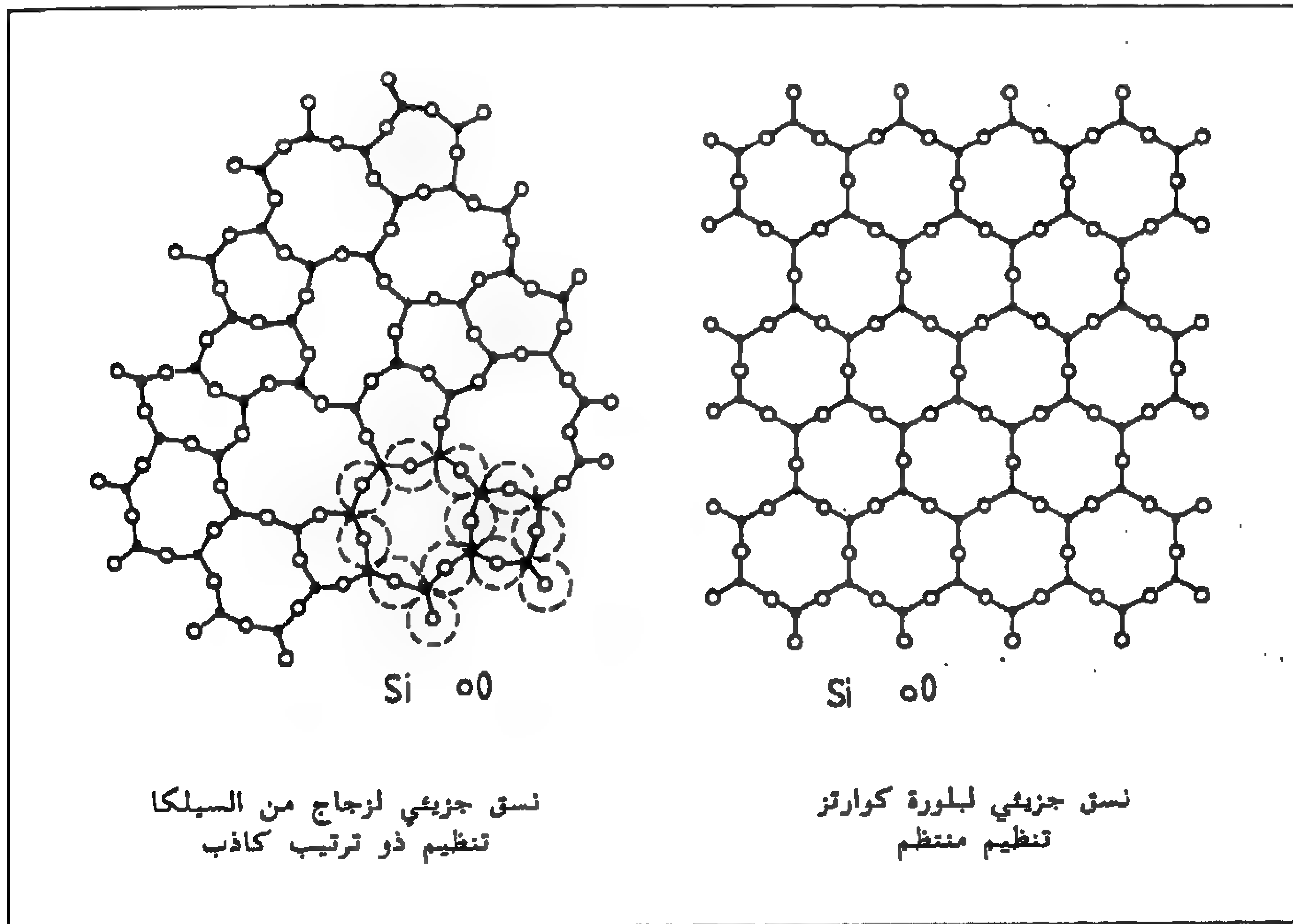
– متعددات الأوجه polyèdres المكونة من الأكسوجين، يجب أن تشترك معاً فيما بينها عن طريق الرؤوس فقط وليس الأضلاع؛

– ثلاثة رؤوس على الأقل من أي متعدد الأوجه يجب عليها أن تنتمي في نفس الوقت لمتعددات الأوجه أخرى.

في سياقنا للحديث، فإننا نسجل أن هذه الإشتراطات لا تتحقق فقط في السيلكا SiO_2 ولكن أيضاً في الأكاسيد من نوع R_2O_3، وR_2O_5، و R_2O.

العناصر المُبدلة:

عند صناعة زجاج ما، فإنه لأغراض متعددة، يتم إدخال عناصر قلوية أو قلوية طينية، إلخ... في التركيبة، هذه المنتجات تسمى مُبدِلات modificateurs لأنها تُبدل من الهيكل السيلكوني (السيليسي).



شكل ٢. (Schollze, 1980, p. 6).

تأثير العناصر القلوية على البناء السيلكوني (السيليسي):

معادلة ١



$$Si - O - Si \equiv + Ra_2O \rightarrow \equiv Si - O - Ra + \equiv Si - O - Ra$$

Ra: عنصر قلوي

في كل مرة عند إدخال أكسيد قلوي، فإن الرابط Si-O ينقطع ويظهر الأكسوجين الذي يسمى بغير المعبري non pontant ويصيب الضعف الهيكل السيلكوني بسبب:

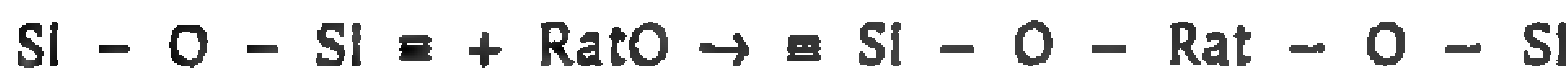
- وجود انفصال للسلسلة، مما يتبعه عدم التواصل في البناء؛
- الروابط الجديدة المقامة Ra-O تكون من النوع الإلكتروستاتيكي ذو طاقة أضعف من سابقيها (Na_2-O: ٦٠ كيلوكالوري/ذرة–جرام، Si-O: ١٠٦ كيلوكالوري/ذرة–جرام).

إدخال القلويات يخفض من المقاومة الميكانيكية للزجاج بتفضيل ذوبانه في الماء.

نعالج ذلك بإضافة عناصر قلوية طينية تقيم روابط جديدة ذات طابع أيوني.

تأثير العناصر القلوية – الطينية على البناء السيلكوني (السيليسي):

معادلة ٢



$$Si - O - Si \equiv + RatO \rightarrow \equiv Si - O - Rat - O - Si$$

Rat: عنصر قلوي طيني.

هنا أيضاً، يؤدي إدخال أكسيد قلوي طيني إلى إنفصام البناء، غير أن الرابط الأيوني Rat-O يكون أقوى من الرابط Ra-O. في الواقع فإنه بسبب ثنائية التكافؤ لأيون $(Rat)^{2+}$، فإن ذرتي الأكسوجين «غير المعبريتين» تجدا نفسيهما على الرغم من ذلك مرتبطتان. يكون إنفصام السلسلة إذاً غير تام.

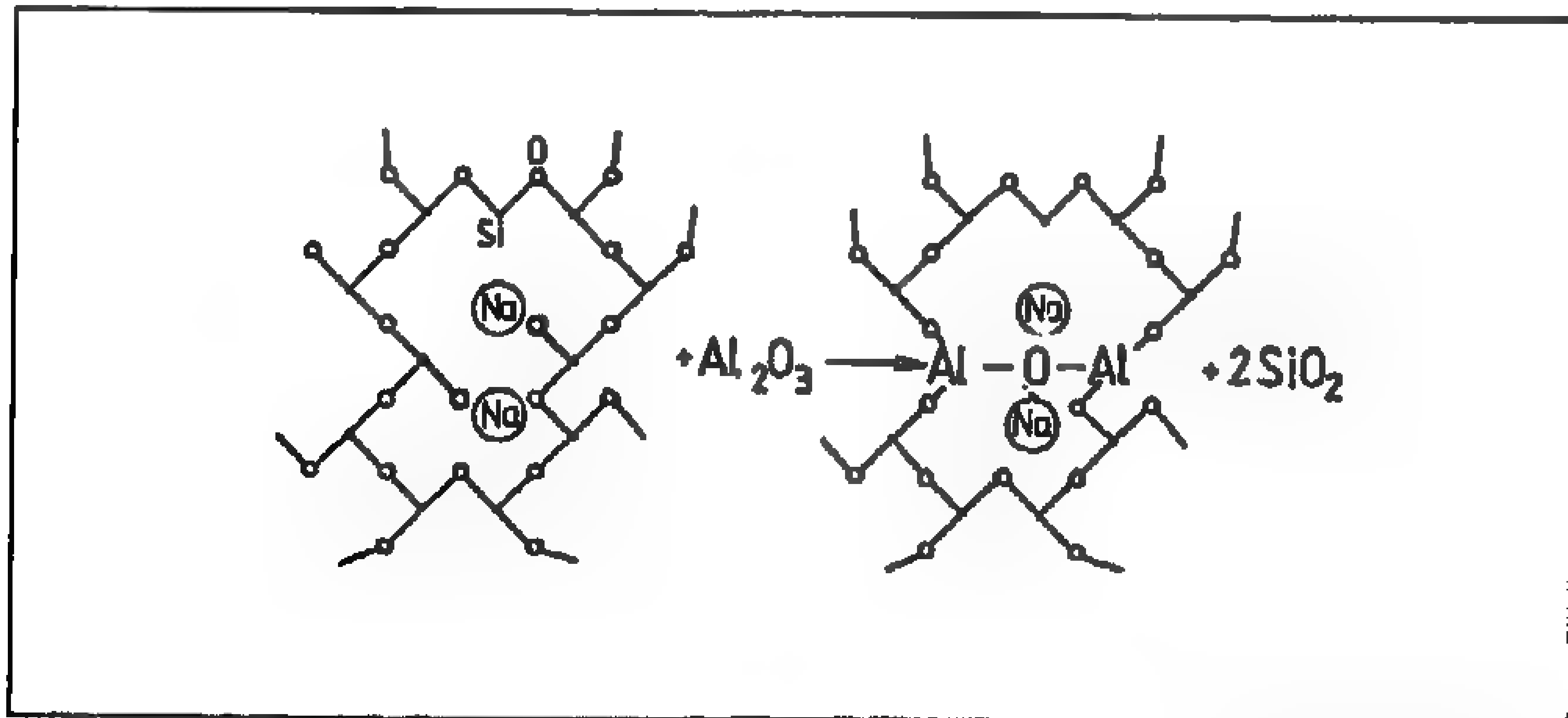
العناصر الأمفوترية (الثنائية) amphotères يمكن لها أن تسلك مسلك تبادلي كعناصر مُكونة formateurs أو مُبدلة modificateurs للهيكل السيلكوني.

نستعيد مثال الألومنيا مرة أخرى Al_2O_3:

في الزجاج القلوي تكون بعض وصلات Si-O مقطوعة، ويندمج أيون Al^{3+} مع الأكسوجين «غير المعبري» لتكوين تجمعات AlO_4 و SiO_2 لها نفس تناسق الترابط coordination : فأيون Al^{3+} يمكن له أن يحل محل أيون Si^{4+}. غير أن هذين الكاتيونين يكون لهما تكافؤان مختلفان، وتكون الأيونات القلوية هي المسئولة عن إقامة الإتزان.

عندما يحل Al_2O_3 محل SiO_2، فإن القطع في البناء الناتج عن إدخال القلويات يتم غلقه (شكل ٣). ويجد الهيكل نفسه بالتالي وقد قوي: يتصرف Al_2O_3 إذاً وكأنه عنصر مُكوِن.

في المقابل، إذا كانت نسبة المول (عنصر قلوي/ألومنيا) منخفضة عن واحد، فإن عدد الأيونات القلوية يكون غير كاف لضمان الإتزان التكافؤي لأيونات Al^{3+}. هذه الأخيرة والتي تتواجد بالزيادة، تأخذ العدد التنسيقي ٦ وتدخل كمبدلات للبناء.



شكل ٣. إبدال الـ SiO_2 بالـ Al_2O_3 في زجاج سيلكات الصوديوم (Scholze, 1980, p. 115).

المواد الزجاجية الخاصة

قبل أن نوضح نسق الزجاج «التقليدي» بشكل أكثر تفصيلاً، فإننا سنذكر باختصار بعض المنتجات الزجاجية الأكثر خصوصية والتي يكون الآثاريون والمرممون عرضة لملاقاتها.

الزجاج الطبيعي verre naturel كان من أوائل العناصر الزجاجية المستخدمة من قبل الإنسان لصناعة الأدوات. ولا نجده في الوسط المحيط إلا بشكل استثنائي.

ويتكون إبان التبريد السريع للصخر، عندما تلامس المجما السيليكاتية سطح القشرة الأرضية مثلاً، أو أيضاً عندما تضرب الصاعقة الأراضي الصحراوية (Carron, Poupeau, 1985). المنتجات الزجاجية الطبيعية الأكثر شيوعاً التي تم تشغيلها من قبل الإنسان هي:

- الأوبال (عين الهر أو عين الشمس) وهو نتاج تجمد محلول غرواني (شبه غروي) colloïdale من السيلكا؛

- السبج obsidienne وهو زجاج حامضي شبه أنهدريدي، ذو تركيب قريب من المجما الجرانيتية. وهو من السيلكا التكتونية tectosilicate، (المكونة من الفلسبار والكوارتز، ولونه أسود مميز جداً). معامل انكساره يتغير من ٤،١ إلى ١،٥، وصلابته تقع بين ٥ و ٦ على مقياس موهس Mohs، تكون كتلته النوعية ٤،٢/٢،٣؛

- البلور الصخري (الجندلي) cristal de roche، وهو كوراتز يظهر على شكله الأولي، أي في صورة منشور سداسي الأوجه ينتهي بهرمين ذوات ستة أوجه. ويكون عامةً عديم اللون أو بلون المغرة (أوكر) ocre بشكل طفيف.

عجينة الزجاج (Daum, 1983) هي منتج له نفس طبيعة الزجاج، ولا يتسنى التعرف عليها إلا من طريقة تصنيعها ومظهرها النهائي. تعبير «عجينة الزجاج» يشير إلى قِطع تم تنفيذها بالطريقة التقنية المسماة «بناء على نواة» sur noyau (بداية ظهورها في نهاية القرن السادس عشر قبل الميلاد).

التركيبة الزجاجية، بعد انصهارها مباشرةً يتم تشكيلها في حالتها العجينية على نواة من الصلصال ترتكز هي نفسها على إسطوانة معدنية mandrin. ثم يتم زخرفة الكل بخيوط من الزجاج ذوات ألوان متعددة عن طريق اللف على سطح مصقول يقوم به الزجّاج، بشكل يجعلها تنفذ إلى الطبقة الزجاجية الأولى ونحصل بهذا على سطح موحد ذو كثافة عالية بدون خشونة. وطريقة «بناء على نواة» تسمح بالحصول على قطع صغيرة مجوفة، ذات شكل مغلق، ومعتم نميزها بسهولة عن الزجاج الناتج عن النفخ في أنبوبة (بداية ظهوره في نهاية القرن الأول الميلادي).

تعبير «عجينة الزجاج» يستعمل أيضاً للقطع المُصنعة بواسطة خليط متزجج تم تحويله إلى مسحوق على البارد، ثم وضع بعد ذلك في القالب (Daum, 1983).

حتى يمكن لنا تيسير استخدام هذا التركيب فإننا نملجمه aggloméré مع رابط liant مثل بكتين الفواكه أو صمغ الكثيراء gomme adragante أو أيضاً الماء. إن إضافة رابط لا يعتبر تدخل مطلق، ولكنه يبقى مع ذلك عملية ذات خصوصية لتصنيع ذلك النوع من المواد. لسوء الحظ فإنه يكون من الصعب على الآثاري إقرار وجودها لأن كل بقايا المركبات العضوية تختفي من القالب ومن محتواه عند الدخول إلى الفرن. القطع المُصنعة تكون عادةً ملونة غير أنها يمكن أن تكون أيضاً عديمة اللون، ويكسبها التلامس مع القالب مظهراً معتماً.

يتم تسخين الزجاج حتى حوالي ١٠٠٠ درجة سلسيوز وهي درجة حرارة كافية لإكساب الكتلة الزجاجية بعض اللزوجة ثم تفرد جيداً في القالب أو على النواة الصلصالية. وتنشأ حينئذ ظاهرة طرد للغاز dégazage وهذا يزيل الهواء الداخل في تكوين الخليط المتزجج. غير أنه مع تلاحم الكتلة الزجاجية فإنها تقوم بإحتباس فقاعات كثيرة جداً. ومن جهة أخرى فإن هذه الظاهرة تظهر بشكل متفاقم عندما لا يحتوي التركيب الأساسي للزجاج على عوامل مؤتلفة affinants مثل الزرنيخ مثلاً. وجود تلك الفقاعات المِكروية (المتناهية الصغر) يجعل عجينة الزجاج نصف شفافة translucide.

مشاكل التغيير altération الخاصة بعجينة الزجاج، لم يتم دراستها بعد حسب معرفتنا. في حين أنه قد يبدو أن الفقاقيع المِكروية الموجودة بها تزيد من مسامية المادة وبنفس القدر من استعدادها للتآكل.

تكون طبيعة المواد المتزججة مثل الطلاء الزجاجي أو الميناء (مينا) émaux مشابهة لطبيعة الزجاج، لأنها تحتوي على السيلكا وتمتلك بناء لا بلوري. في حين أنها تتفرد عنه ببعض تفاصيل التركيب وأساليب الاستعمال. فهي من ناحية، تكون دائماً قائمة على حامل سواء كان من الزجاج أو الخزف أو الحديد، ومن ناحية أخرى يجب على معامل التمدد الحراري الخاص بها أن يكون أقرب ما يمكن لمعامل المادة التي يغطيها حتى لا ينفصل عنها.

المصطلحات التقنية المستخدمة فيما بين الآثاريين بعضهم البعض، وفيما بين المشتغلين بعلم الخزف céramistes لا تعني دائماً نفس المدلول؛ سنركز هنا على تعريف المصطلحات الأكثر استخداماً مع مراعاة قبولها بشكل مشترك.

مصطلح «طلاء زجاجي» يعنى أي غشاء متزجج مطبق على شقفة خزفية. في التعبير الدارج، فإن كلمات «طلاء لامع» glaçures أو «طلاء براق» (ڤرنيه) vernis تتبادل المعنى في أغلب الحالات. سنصنفها في أربعة مجاميع (Verhaegue, 1968):

- طلاء لامع رصاصي يحتوي على أكسيد الرصاص؛
- طلاء لامع مقصدر يتكون أساساً من القصدير؛
- طلاء لامع قلوي يحتوي على أكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم؛ إلخ...
- طلاء لامع صلصالي مُحضر باستخدام الصلصال. عندما يكون هذا الأخير غير (أو شبه) متزجج، فإننا نستعمل مصطلح «دهان الفخار» engobe (Shepard, 1985).

يُستخدم مصطلح «مُغطى» couverte عندما تكون الشقفة الخزفية والغشاء الزجاجي المُغطي لها قد تم تسويتهما في النار معاً في نفس الوقت وعند نفس درجة الحرارة.

مصطلح «طلاء خزفي – ميناء» émail (Conway, 1975)، يشير إلى أي غشاء زجاجي منصهر بالحرارة، على صفيحة من المعدن أو من الزجاج (ظهرت هذه الطريقة الأخيرة في القرن السادس عشر قبل الميلاد).

عند خروجها من حقل الحفريات، لا يكون التعرف على الميناء المغطية للمعادن مثلاً، من الأمور اليسيرة دائماً. لأن الغشاء الزجاجي يكون أحياناً قد انفصل عن قاعدته أو قد أصابه تغيير شديد وما زالت طرق معالجتها لم تأخذ حقها في الدراسة (Werner, 1966; UKIC, 1987)، وتبقى تلك الطرق حساسة بسبب عدم تجانس المادتين المتواجدتين.

العوامل المؤثرة على بقاء الزجاج

المقاومة الفيزيائية والكيميائية للزجاج تتحدد عن طريق:

– طبيعة الزجاج نفسه ويعني هذا عن طريق العوامل الداخلية؛
– البيئة التي تم حفظ الزجاج بها. والتي سنطلق عليها إذاً العوامل الخارجية.

العوامل الداخلية

صفات وطبيعة العناصر المتواجدة

سبق أن رأينا، أن وجود عناصر مُبدلة modificateurs يُضعف من الهيكل السيلكوني. في حين أن البناء الزجاجي يصبح لحد ما مضطرباً، على حسب طبيعة الأكاسيد المضافة.

تُغير العناصر القلوية الطينية النسيج السيلكوني trame بشكل أقل من ذلك الذي تحدثه الأكاسيد القلوية وذلك بسبب تكافؤها. ندرك ذلك تماماً، بمجرد كتابة التفاعلات الكيميائية (المعادلتان ١ و٢).

بالنسبة للأكاسيد القلوية، فإن مقاومة الزجاج تتناقص في إتجاه K, Na, Li. في الواقع فإن ذرة البوتاسيوم، وهو العنصر الأعلى في الكهربية السالبة، سيتم فصلها بالغسل lixivié بشكل أسهل، وهذا يعني أنها ستذهب مع الغسل لكونها أقل شدة في الارتباط مع البناء الزجاجي. زائد على ذلك، أن الحجم الكبير نسبياً لتلك الذرة ينتج عنه ترك فراغات.

الزجاج البوتاسي يبدو إذاً أقل مقاومة من الزجاج الصودي.

نسب يجب إتباعها

حتى يكون للزجاج الأكسيدي فترة بقاء كبيرة، فإن النسبة الكمية للعناصر المختلفة المكونة له، يجب أن تتبع بعض القواعد.

نسبة العناصر المكونة / العناصر المُغيرة

إن إدخال عناصر مُبدلة في زجاج السيلكا لا يمكن أن يتعدى النسب التالية: يجب أن يكون على الأقل ثلاثة رؤوس لكل متعدد الأوجه مرتبطة مع متعددات الأوجه الأخرى. ستيفلز (Stevels, 1948, 1961) يصنف ذلك بواسطة معامل بناء Y، وهو يقابل العدد المتوسط من «الأكسوجين المعبري» pontant لكل رباعي الأوجه.

$Y = 2(Z-R)$ (Z هو العدد الكلي للأكسوجين لكل رباعي الأوجه وR هو العدد الكلي لأيونات الأكسوجين / العدد الكلي للأيونات المُكونة.)

يمكن لنا أن نقيم إرتباط مباشر بين Y وتآكل الزجاج (Bettembourg, 1976):

$3 < Y$: تآكل غير محسوس.

$3 < Y < 2,7$: تآكل موضعي في أشكال إبرية عميقة لحدٍ ما، على حسب تركيب الزجاج.

$Y < 2,3$: تآكل مُعمم وعميق.

من جهة أخرى، فإن النسبة بين السيلكا والعناصر القلوية الطينية لا يجب أن تكون ضعيفة جداً. لأن الزجاج يصبح مسامياً، وبالتالي غير مستقر. وإذا زادت هذه النسبة فإن أكاسيد كالجير (CaO) تزيد من الميل إلى عدم تزجج الزجاج.

النسبة بين الأكاسيد القلوية / الأكاسيد القلوية الطينية

إذا إستبدلنا في زجاج من النوع الصودي (NaO_2, SiO_2) جزء من السيلكا بالجير CaO، فإن بناء الزجاج يَقوى: فيقل الفصل بالغسل lixiviation لأيونات Na^+ ويكون الفصل بالغسل لأيونات Ca^{2+} أكثر ضعفاً.

عندما تكون إذاً النسبة المئوية للأكاسيد القلوية الطينية أقل من ٥ والنسبة المئوية للقلويات أكبر من ٢٥ فلا يصبح إستقرار العناصر سارياً.

النسبة بين الأكاسيد القلوية/العناصر الأمفوترية

إذا كانت النسبة Al_2O_3/Na_2O أكبر من الواحد، فإن أيونات Al^{3+} تتصرف كما لوكانت مُبدلات modificateurs للبناء وتقل مقاومة الزجاج.

إذا كانت هذه النسبة أقل أو مساوية للواحد، فإن أيونات Al^{3+} تتصرف كما لو كانت مكونات للبناء formateurs وتطيل إذاً من بقاء الزجاج.

بإيجاز، سنتذكر أن التركيب المثالي للزجاج الأُكسيدي يرسو على قاعدة ثلاثية، تشتمل على:

- ٧٣٪ سيلكا؛
- ٢٢٪ قلويات؛
- ٥٪ قلويات طينية.

تركيب الزجاج قد تغير كثيراً على مر التاريخ على حسب أماكن الإنتاج والأزمنة، (Abdurakov, 1971; Lahanier, 1970).

المكونات	صودا كالسية حديثة	صودا كالسية رومانية	بوتاسيوم كالسي	بوتاسيوم كالسي صودي	بلور
SiO_2	73,60	67,00	من 50 إلى 70	70,40	51,40
Na_2O	16,00	18,00	من 2 إلى 6	9,33	-
K_2O	0,60	1,00	من 8 إلى 15	8,66	من 6 إلى 15
CaO	5,20	8,00	من 10 إلى 20	10,00	-
MgO	3,60	1,00	-	-	-
Al_2O_3	1,00	2,50	-	-	-
MnO2	-	0,50	-	-	-
PbO	-	0,01	-	-	20,35
آخرين	-	2,00	-	1,61	من 2 إلى 4

جدول رقم ٢. بعض تركيبات الزجاج النمطي بالنسبة المئوية تبعاً لأعمال R.H Brill (Dutter-Georges, 1983, p. 12).

هذه الأنواع المتغيرة تكون مرتبطة برغبة الزجّاج، وتعتمد أيضاً على مصادر التموين المتاحة. إلى جانب أن التركيب الأولي للزجاج يكون في بعض الأحيان متغيراً بشكل ملحوظ، عن طريق إدخال مواد غير متجانسة مسماة بـ «المسحوق المُزجج» fritte أو groisil. وهي تعني قطع الزجاج المتكسرة (قلامة) rognures من الزجاج القديم المطحونة التى يعاد صهرها لتستخدم في صناعة كتلة زجاجية جديدة. سنذكر أيضاً أن النتائج التي تأتي من التحليل يجب أن تُفسَر بحذر لأنها لا تترجم تركيب الزجاج إلا عند لحظة معينة. قد يكون هذا التركيب مختلفاً بشدة عن حالة الزجاج الأصلية إدا كان الزجاج شديد التغيير altéré: فالجزء المتآكل يكون قد افتقر للعناصر القلوية والقلوية الطينية، في حين يكون قد تم إثراؤه بشكل تناسبي بالحديد والتيتان والفسفور والألومنيوم والمنجنيز.

حالة السطح للزجاج إبان تصنيعه

سيعتمد تطور التغيير الحاصل للزجاج ليس فقط على تركيبه والبيئة المحيطة به، ولكن أيضاً على نمط ومدة المعالجات التي تعرض لها إبان تصنيعه (Godron, 1976)، هذه الظواهر تم إقرارها بشكل واضح بالنسبة للزجاج الصناعي ونسمح لأنفسنا بافتراض أن هذا ينطبق أيضاً علي الزجاج الأثري، حتى لو لم نعد نعرف تفاصيل عمليات تصنيعه إلا بشكل تقريبي.

الماضي الحراري

إعادة التحمية recuit

في أثناء تشكيل القطعة، يتم خلق مناطق إجهادات وذلك لكون السطح الخارجي للزجاج يميل إلى التصلب والانكماش، بينما كتلته الداخلية تكون ما تزالت لدنة. لمعالجة هذا الوضع، والحصول على زجاج خالي من قوى الشد، فإن الزّجاجين يعملون على إعادة التحمية recuit: بعد التشكيل يعاد تسخين الزجاج حتى درجة الحرارة التي عندها تصبح عناصر التكوين متحركة ويمكن لها إعادة تنظيم نفسها لاستبعاد حالة الإجهاد (٦٠٠ درجة

سلسيوز تقريباً). ويعاد الزجاج تدريجياً بعد ذلك إلى حرارة الوسط. كلما كانت هذه العملية طويلة وتدريجية، كلما تحسنت المقاومة الميكانيكية للزجاج، وعلى العكس من ذلك إذا لم تتم بشكل متقن فإن الزجاج يكون معرضاً للكسر وتتحرر قوى الشد الداخلي عند أقل صدمة. يمكن أن يُكشف عن الزجاج قليل أو سيئ إعادة التحمية تحت الضوء المُستقطب.

السقاية trempe

الزجاج الذي يسمى بـ «المسقي» يكون قد تعرض أثناء تشكيله لتبريد عنيف جداً وهذا يمنحه مقاومة أفضل للكسر وصلابة ظاهرية كبيرة.

الصقل polissage

التعرض للنار passage au feu

يمكن للزجاج أثناء تصنيعه أن يتعرض عدة مرات للهب. تسمح هذه العملية بالحصول على سطح مصقول ذو مقاومة خاصة، خالي من الشروخ. عند تصنيع زجاج ما يتواجد على سطحه عدد كبير من الشروخ تسمى شقوق جريفيث failles de Griffith، يمكن التعرف عليها عن طريق المجهر الإلكتروني. تلك الشروخ تمثل نقاط إجهاد يمكن أن تقوم بدور البادئ amorce عند التعرض للمهاجمة الميكانيكية أوالكيميائية.

التعرض للأحماض

بالنسبة للزجاج الصودي التقليدى المتداول أو الزجاج المحتوي على البورو سيلكات (البيركس pyrex)، فإن التعرض للحامض ينتج عنه تكون طبقة رقيقة من السيلكا شديدة المقاومة، تكون متجانسة ومتماسكة وتمنح الزجاج صقل بديع. (Godron, 1976, Winter, 1982).

التبخير vaporisation

وجود بخار الماء في فرن الزجّاج يعطي فرصة لتبخر أكسيد الصوديوم عند سطح الزجاج، وهذه الظاهرة تحسن من طول بقاء الزجاج.

المسامية porosité

الزجاج هو مادة ضعيفة المسامية بشكل كبير:

– غير أن تلك المسامية ستكون أكبر فى حالة ما إذا كان الزجاج يحتوي على فقاقيع هواء؛

– ستزداد أيضاً في الزجاج شديد القلوية. الفصل بالغسل للعناصر المُبدلة يعمل على ترك طبقة من السيلكا المُتميئة المنفذة، التي تكون المسام بها في حدود من ٠٫٣ إلى ٠٫٤ نانوميتر (nm) (١ نانوميتر = ١٠$^{-٩}$ ميتر).

التشغيل على البارد

يُعتبر أي أثر للصقل أو للحك على الزجاج المشغل على البارد، سواء كان عن طريق الخطأ أو بغرض الزينة (نقش، نحت)، عبارة عن بؤر تفضيلية لنمو أية مهاجمة قد تلحق بالزجاج.

العوامل الخارجية: تأثير الوسط على حفظ الزجاج

التغيير الحاصل للزجاج الأثري لا يرتبط فقط بخواصه الذاتية ولكن أيضاً بالبيئات التي يخالطها أثناء «حياته التاريخية» (الوسط الجوي) و«حياته التحتية» (طبيعة تربة الدفن)، و«حياته فيما بعد التنقيب» (الوسط الجوي).

دور الماء

الماء هو حامل أساسي لتوصيل التغيير للزجاج. وهذا يفسر لماذا تكون أوساط الدفن الرطبة غير موائمة لحفظه سواء بشكل دائم أو شكل دوري.

معاملات فعل الماء

تكون آليات مهاجمة الماء معقدة وفاعليتها تعتمد سويا:

– على درجة الحرارة؛

– على تركيب الزجاج؛

- على رقم الـ pH؛
- على زمن التلامس مع القطعة؛
- على طبيعة الماء (تذكرة رقم ٣)، وعلى كميات وطرق التغذية به (مياه راكدة، أو جارية، ...).

آليات التآكل

أول مرحلة للتآكل: الإمتزاز adsorption.

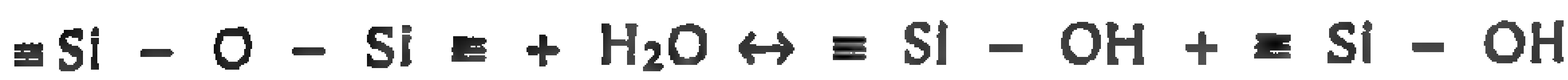
أي زجاج يمتز الماء على سطحه لحد ما. وهذا الماء يشكل غشاء رقيق، متعلق بشكل متين عن طريق «كباري الهيدروجين» القائمة على الهيدروكسيلات الظاهرة (شكل ٤).

نفاذ الماء في البناء الزجاجي لا يمكن أن يتم إلا بواسطة ظاهرة الامتزاز السابق ذكرها. وبدءاً من هنا يُحتمل وقوع العديد من المهاجمات.

مهاجمة حامضية

عملية مهاجمة الماء تتقارب مع عملية مهاجمة الحامض.

- بالنسبة للهيكل السيلكوني:



$$\equiv Si - O - Si \equiv + H_2O \leftrightarrow \equiv Si - OH + \equiv Si - OH$$

هيكل سيلكوني + ماء ↔ سيليكا مائية

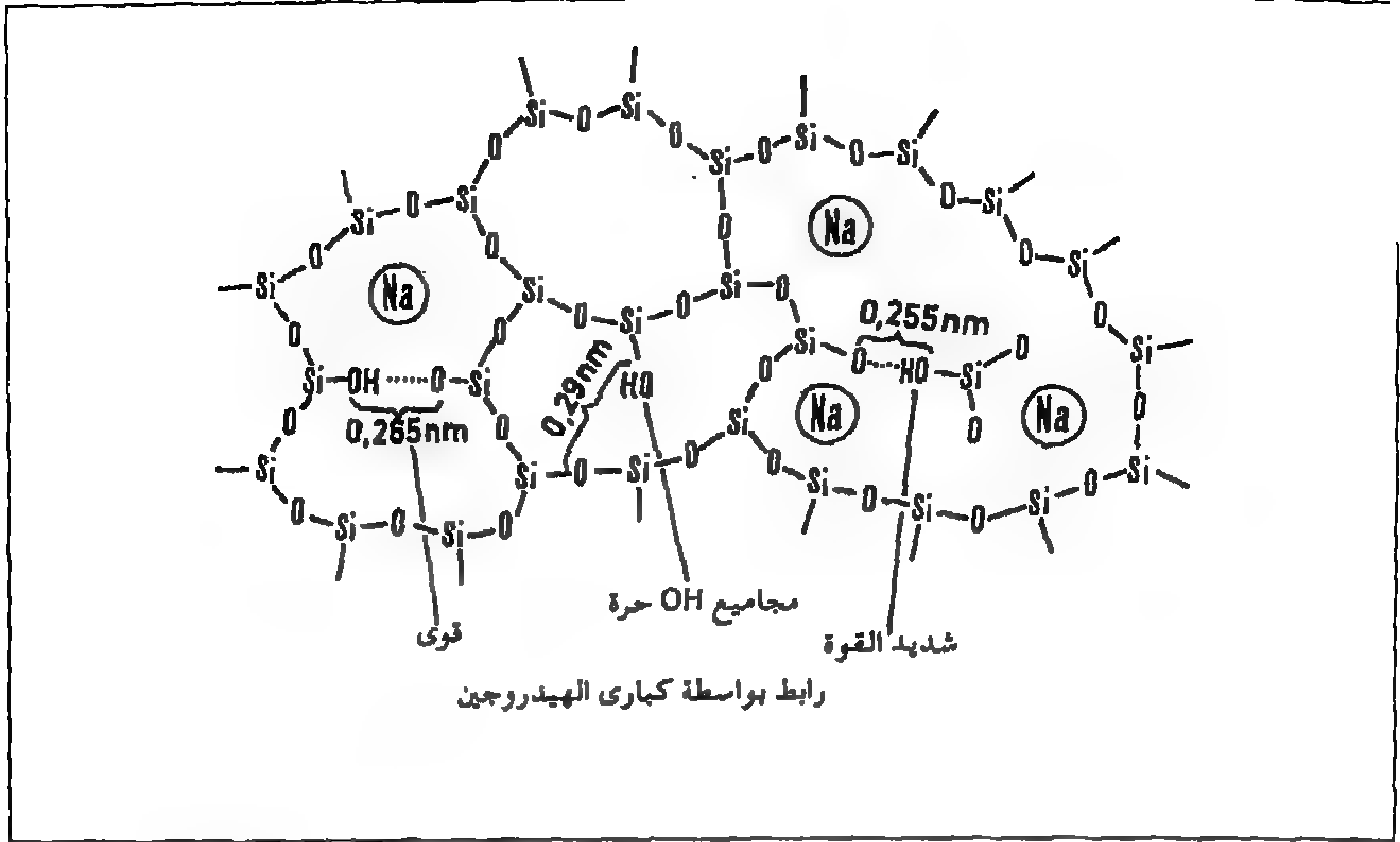
هذا التفاعل يكون رجوعياً إذا تم في وجود ظاهرة تبخر الماء؛

- بالنسبة للعناصر المُبدلة modificateurs:



$$\equiv Si - O - Ra + H_2O \rightarrow \equiv Si - O - H + H - O - Ra$$

سيليكات قلوية + ماء ← سيليكا مائية + هيدروكسيد قلوي



شكل ٤. نماذج مختلفة لإدخال مجاميع OH في زجاج صودي (Scholtz, 1980, p. 121).

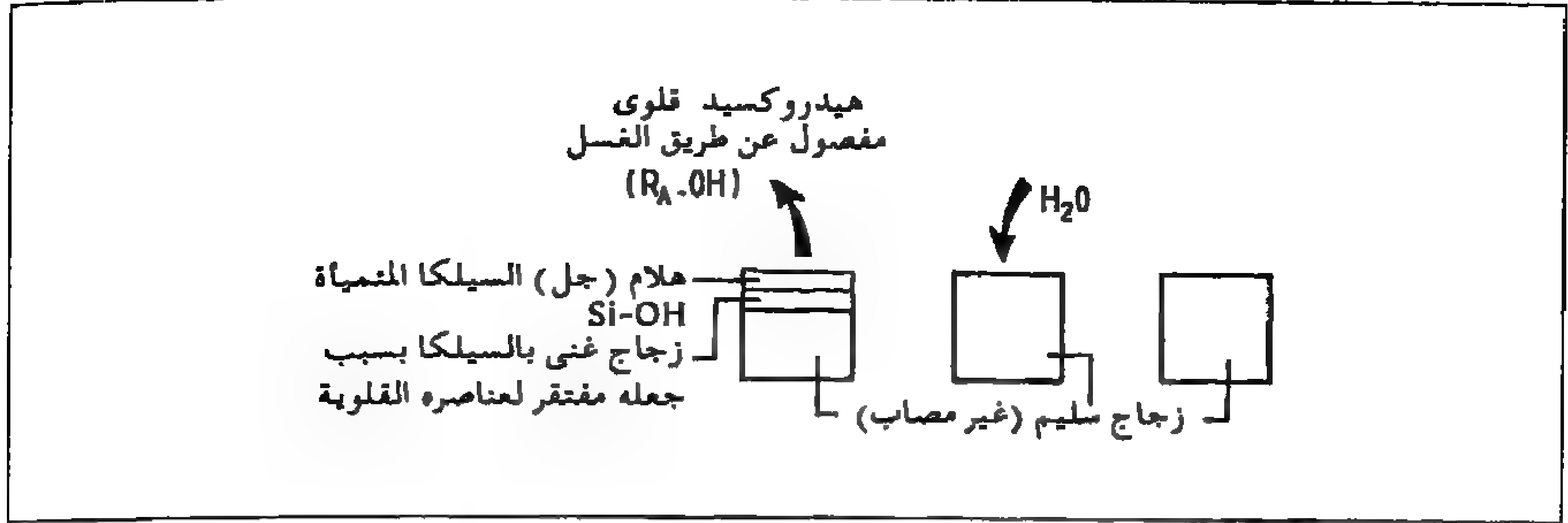
يغسل الماء الكاتيونات K^+ و Na^+ بشكل أولي، ثم Ca^{2+} اللائي يُستبدلن بكاتيونات H^+ في الكتلة الزجاجية، حتى يتم الإلتزام بالتعادل الكهربي للزجاج.

العناصر المُغيرة المفصولة بالغسل ستشكل مع الماء أو مع العناصر المحيطة أملاح مختلفة مثل الهيدروكسيد، الكاربونات، الكبريتات، إلخ...

إذا كان تركيب الزجاج هو بحيث تكون النسبة المئوية للأكاسيد القلوية القابلة للذوبان مرتفعة جداً، فإن الزجاج المتغير لن يصير إلا كطبقة من السيلكا المتميئة والتي ستتفكك كليةً: وهذا هو حال بعض الزجاج الغني بالرصاص (Winter, 1982).

في الحالات الأكثر شيوعاً، فإننا نحصل على النتيجة التالية (شكل ٥):

– إذا تم إزالة العناصر القلوية المفصولة بالغسل عن طريق تجديد مستمر للماء، فإن تكوين طبقة من السيلكا المتميئة ومن الزجاج الغني بالسيلكا على سطح الزجاج السليم يمكن أن يُعتبر «كمؤخر» لتآكل أكثر شمولاً وذلك لعزل تلك الطبقة للزجاج الأصلي وعدم تعريضه لملامسة الرطوبة بشكل مباشر.



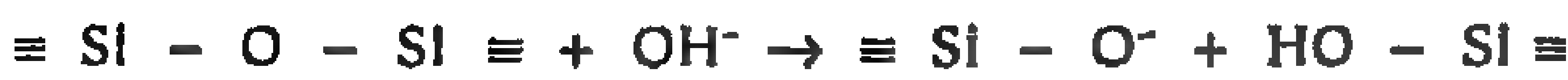
شكل ٥. شكل بياني لعمليات المهاجمة الحامضية للماء.

غير أن هذه الطبقة والتي يكون الغرض منها الحماية لا تصير كذلك بمعني الكلمة، لأن السطح الجديد المتكون يكون مسامياً: فمقاس أيونات H^+ يكون أقل من ذلك الخاص بالعناصر القلوية المغسولة. تلك الطبقة لا توقف إذاً استمرار التبادل الأيوني مع الزجاج التحتي غير المتغير؛

– فى المقابل، إذا لم يتم سحب الأملاح القلوية كليةً، فإن أيونات OH^- يمكن لها أن تبقى فى الحالة الحرة فى جل السيلكا المتميئة. وسيتطور التآكل إذا ليأخذ وجهة المهاجمة القاعدية. هذه العملية ستتضخم بشكل أكبر من ذلك، إذا لم يُبدل الماء هو أيضا بصفة منتظمة: عندما يتم للماء تبادل بروتوناته ال H^+ مع العناصر القلوية، فإنه سيصبح هو أيضا قاعدي وسيقوم بعمل المهاجمة القلوية.

المُهاجمة القلوية

المُهاجمة القلوية للماء تكون مختلفة جدا عن المهاجمة الحامضية، لأن أثرها لا يعمل على العناصر المُبدلة للزجاج ولكن على الوصلات الأساسية للهيكل السيلكوني


$$\equiv Si - O - Si \equiv + OH^- \rightarrow \equiv Si - O^- + HO - Si \equiv$$

الوصلات Si-O-Si تكون مقطوعة. بعد فترة ما، تتكون أنيونات سيلكونية قابلة للذوبان ($Na_2SiO_3(SiO_2)_n$) وتشترك فى إحداث الانخلاع الكلي للزجاج.

هذا النوع من المهاجمة يتقدم دائما إلى العمق وبدفعات متتالية وسرعات متغيرة. ونعتبرها بشكل مبسط كدالة خطية فى الزمن (المهاجمة من النوع الحامضي وهي الأكثر بطئاً تتناسب مع الجذر التربيعي للزمن) (Godron, 1976). تتسارع المهاجمة أيضا على الزجاج العالي القلوية، لأن هذا الأخير يكون لديه مسبقاً فى تكوينه تصدعات متعددة فى بنائه السيلكوني وفوق ذلك فإن نسبة الأيونات التى يتم فصلها بالغسل تكون عالية جدا وتزيد إذا بشكل ملحوظ رقم الـ pH على سطح القطعة المُصنعة (أرتفاكت): تكون إذاً عملية التغيير القاعدى ممتدة.

الزيادة فى رقم الـ pH تكون أيضا متزايدة، فى أثناء التبادل الدوري رطوبة/جفاف. فى الواقع، يتبخر الماء فى الطور الجاف ويصبح المحلول القلوي شديد التركيز. سنصور بشكل تخطيطى مجموع عمليات التغيير عن طريق الماء بالشكل الآتي:

زجاج + ماء ← استخلاص القلويات ← قلويات + ماء وغاز ← تكوين أملاح.

زجاج + مواد قلوية ← مهاجمة للهيكل السيلكوني.

مظاهر التآكل (Brill, 1975; Dutter-Georges, 1983)

التآكل عن طريق الماء يصنف حسب الحالة، ويتراوح من التغيير غير الظاهر حتى التدمير الكلي للزجاج. وبين هاتين الحالتين القصوتين فإنه يوجد بالطبع تدرج تام. ونحن نقترح هنا دراسة الظواهر الأكثر شيوعا. بشكل شامل، فإننا سنتذكر دائماً أن التآكل عن طريق الماء يقود إلى فقدان الشفافية.

الزجاج المُغيم verre nuagé (صورتان ١ و٢)

فى مرحلتها الأولى، فإن المهاجمة عن طريق الماء تُحدث تغيير غير ظاهر، حيث يحتفظ الزجاج المُشرب بالماء بسطح براق.

وبعد ذلك يبدو الزجاج كامد بشكل طفيف، وقد ذهب بريقه مع وجود مناطق يكون فيها لامعاً أو مطفياً ومعتماً أو أبيضاً بشكل متبادل.

الزجاج المتقزح (يظهر به ألوان قوس قزح) irisé

إن الزجاج وسط موحد الخواص Isotrope وبالتالى تكون إذا خواصه الضوئية ثابتة فى جميع الإتجاهات. غير أنه على أثر المهاجمة الكيميائية، فإن تركيب سطح الزجاج يصبح متغيراً، وبالتالى يتغير أيضا انتشار الضوء فيه. سيظهر به إذا تلوين طفيلي، يُطلق على هذه الظاهرة «التقزح» Irisation. وعن طريق الإنعكاس سيأخذ ذلك اللونين: الأزرق والبنفسجي، وعن طريق الإنفاذ: اللون البرتقالي، وهذه تعتبر أعراض لتدهور بسيط للزجاج تمتد بشكل طبقي، موازى لسطح القطعة، وبعمق مكافئ لطول موجة الضوء.



صورة ١. كاس قبل إعادة تركيبه



صورة ٢. كاس بعد اللصق

تعليق مشترك للصورتين ١ ، ٢: هذا الكأس الزجاجي بشكله التركيبي (puzzle)، يوضح بشكل تام الأوجه المختلفة التي يمكن للتآكل أن يأخذها على نفس القطعة: مجموعة شقفات الكاس (فيما عدا واحدة) تكون بيضاء نصف مُنفذة، بينما القاعدة والساق تكوناعديما اللون (بلدية سان دونيه الوحدة الأثرية، كاس زجاجي من نهاية القرن السابع: رقم ٣٤ - ١٨ - ١٤٦ - ١٧).

القشور المرتبطة بالتغيير (صور ٣ و٤)

الكثير من الزجاج الأثري يكون مغطى بقشرة مرتبطة بالتغيير croûtes d'altération، ذات سمك متغير. هذا الغشاء يكون مكوناً من شرائح دقيقة من السيلكا غير المتبلورة الشفافة، والتي لا تحتوي على أى أيون مُلون. الألوان التى تظهر عليها تكون ناتجة إذا عن ظواهر التقزح أو من رواسب متعددة (أكاسيد معدنية، أتربة، إلخ...).

يبدو أن تكوُّن هذه الطبقات الركامية strates يكون مرتبط ارتباطا وثيقا بتعاقب الدورات السنوية الرطبة والجافة (Brill, 1961; Landfrod, 1977; Newton, 1971; Newton, Shaw, 1988; Winter, 1982) يكون مرتبطاً بتكوين الزجاج وبطبيعة أرض الدفن.

إفراز عرق transpiration

تنتج هذه الظاهرة على قطع ذات تركيب غير متوازن بشكل كبير، فتكون محتوية على نسبة مئوية عالية جدا من القلويات (أعلى من ٢٠٪) ونسبة مئوية منخفضة جدا من القلويات الطينية (أقل من ٥٪). هذا التغيير يترجم على شكل ظهور سطح الزجاج بشكل نَدي مغشي بالبخار، بحيث تتكون عليه قطرات دقيقة من السائل.

يكون المحلول الظاهر قاعدياً بدرجة كبيرة. ينتج هذا المحلول عن إتحاد الأيونات القلوية التى تم فصلها بالغسل مع الفيلم المائي الممتز والمتعلق بسطح القطعة المُصنعة (أرتفاكت).

«كريزلنج وليد» و«كريزلنج» (Bimson, Werner, 1964; Brill, 1975) (صورة ٥).

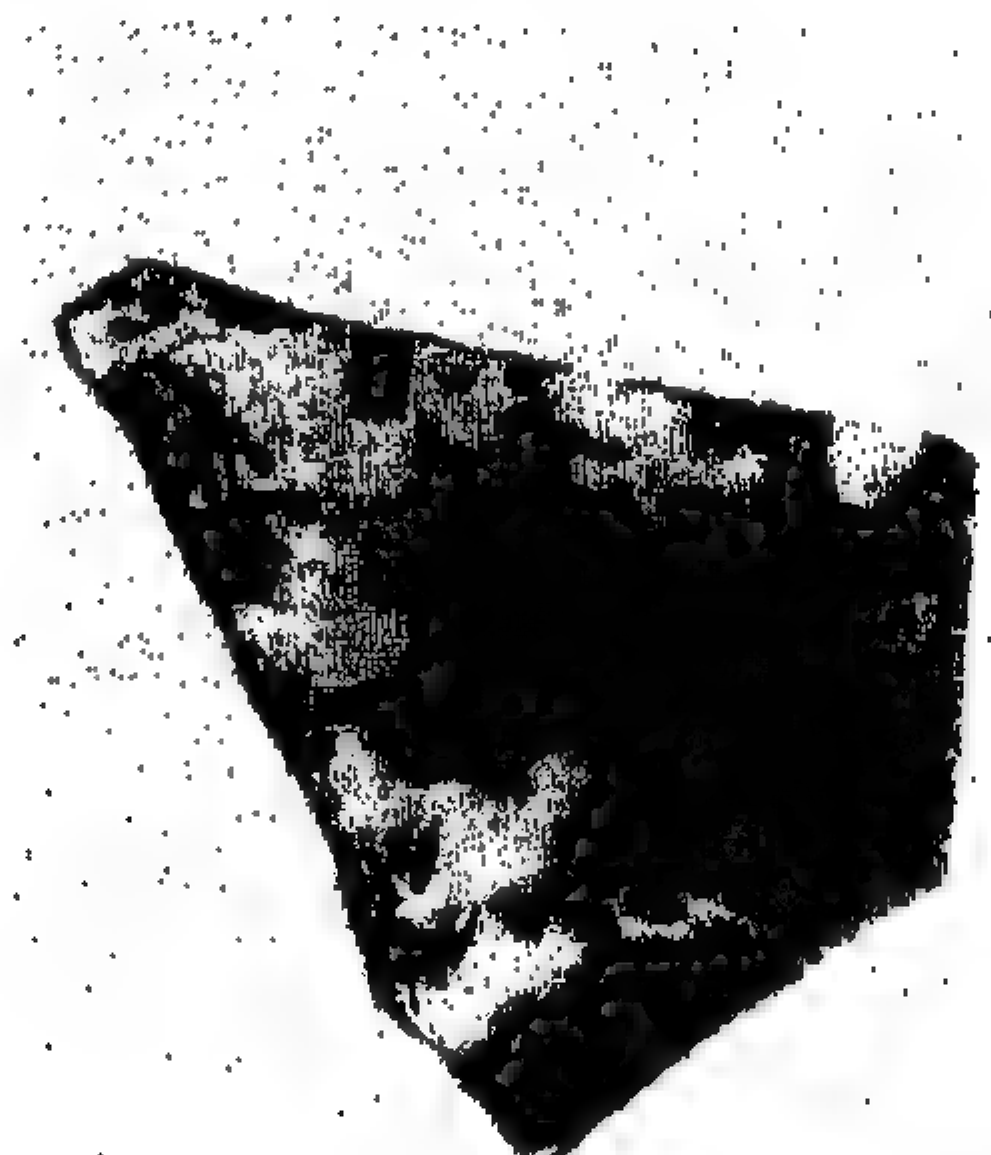
نقابل الكريزلنج crizzling على الزجاج الذى له نفس تركيب الزجاج «المُفرز للعرق». وينتج هذا عن ظاهرتين متزامنتين:

– أثناء الهجوم الأيوني للنسق الزجاجي، فإن كايتونات K^+ تُستبدل ببروتونات H^+ ذات المقاس الأصغر، مما يثير ظواهر الانكماش؛

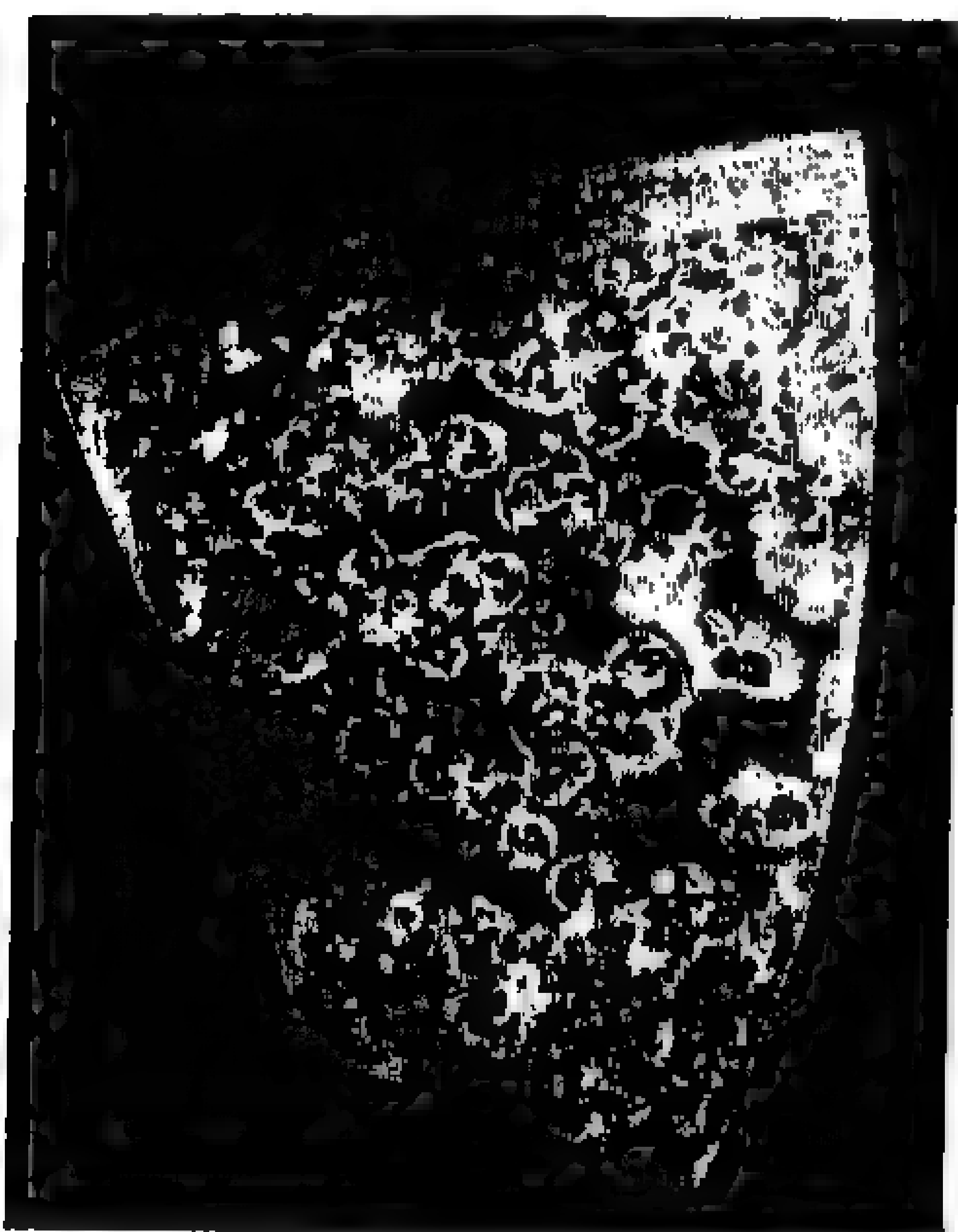
– يخلق الهجوم القلوي فى العمق نسق من التشققات الدقيقة فى عمق الهيكل السيلكوني.

إذا تواجد الزجاج فى حالة مسترطبة، وكان متوازن مع وسطه، فإن التشققات الدقيقة لا يمكن اكتشافها بشكل فوري، فى المقابل نستطيع التعرف عليها تحت المجهر، أو تحت إضاءة بزاوية قاطعة. عند هذه المرحلة من التغيير فإننا نطلق على ذلك «كريزلنج وليد» أو بالإنجليزية «Incipient crizzling». هذا الوضع خطير جدا لأنه غير مرئي وظاهري الاستقرار.

إذا انفصم توازن الزجاج مع وسطه أثناء انخفاض مفاجئ فى الرطوبة النسبية فإن الزجاج الذى كان من قبل مسترطبا تزول الرطوبة عنه. تنتشر إذا شبكة التشققات الميكروية ومع ظهور التجزءات الدقيقة يصبح الزجاج معتما تماما. وبعد فترة، يؤدى إمتداد التشققات إلى التدمير الكامل للقطعة.

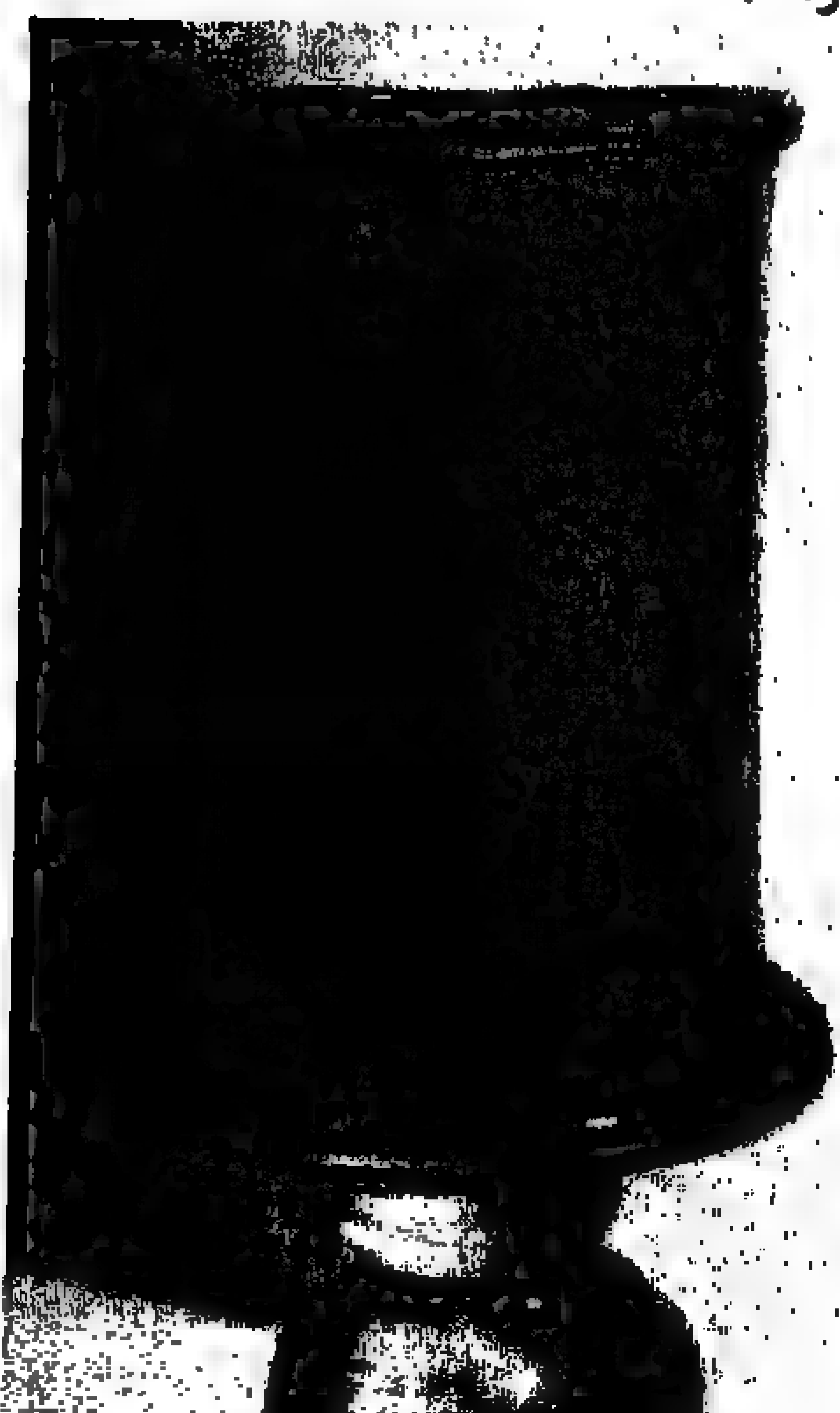


صورة ٣.



صورة ٤.

صورتان ٣ و ٤. بعض امثلة للتآكل بعد الدفن.
٣: تغيير طبقي. ٤: تغيير بالوخز الإبري. (بلدية سان دونيه، الوحدة الأثرية).



صورة ٥. زجاج أصابه الكريزلنج (متحف عصر النهضة Château d'Ecouen, E. Cl 2108).

ظواهر التشمس solarisation (Bruckbauer, Gellmann, 1954; Lajarte, 1969)

يكون للإشعاعات الضوئية تأثير كيميائي-ضوئي photochimique على الزجاج المصاب بالكريزلتج، والذي يكون له إذاً نسق زجاجي مفتوح، مثل التأثير الذي لها على الزجاج الذى أزيل لونه أصلا باستخدام ثاني أكسيد المنجنيز، والذي يمكن أن يتراوح لونه من البنبى الباهت وحتى البنبى الفاقع المائل للبنفسجي (انظر جزء الملونات ص ١٥٣).

الزجاج الذى يكون قد أزيل لونه باستخدام الزرنيخ، يأخذ لون أصغر تزداد شدته عندما يكون الزرنيخ متحد مع أكسيد السيريوم oxyde de cérium . أما بالنسبة للزجاج المحتوي على السيلنيوم sélénium فعند التغيير يتلون بلون أصفر كهرماني.

دور الغازات

تحتوي المحاليل الموجودة فى التربة على غازات مذابة تؤثر على تآكل الزجاج، وقد تم وصف دورها باستفاضة في الجزء الخاص بعمليات تغيير الزجاجيات (الزجاج المُعشق الملون vitraux).

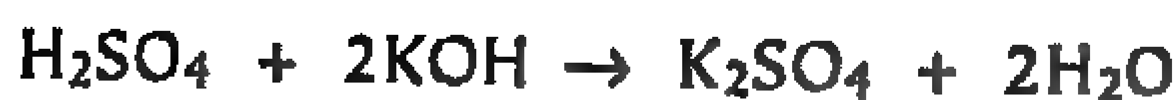
الغازات مثل الأنهدري الكبريتي (SO_2) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) عندما تكون وحدها لا يكون لها فعل خاص على الزجاج. أما في حضور الماء وبملامسة الأكسوجين فإنها تصبح عوامل لا يستهان بها.



$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$

هذه الغازات تثير المهاجمة الحامضية للزجاج. فهى تتفاعل مع العناصر القلوية المفصولة بالغسل لتعطي أملاح (كبريتات أو كربونات) تكون لحد ما قابلة للذوبان.

على سبيل المثال:



$H_2SO_4 + 2KOH \rightarrow K_2SO_4 + 2H_2O$

نواتج عمليات التغيير

حامض الكاربونيك ينتج عنه كربونات:

– البوتاسيوم: K_2CO_3؛

– الصوديوم: Na_2CO_3؛

– الكالسيوم: $CaCO_3$ (الكالسيت)؛

– ثنائيات التميؤ للصوديوم والكالسيوم: $Na_2Ca(CO_3)2H_2O$ (المسماة بحجر الزمن pierre du temps).

حامض الكبريتيك ينتج عنه كبريتات:

– البوتاسيوم: K_2SO_4 ذات قابلية الذوبان الكبيرة ١٢٠ جرام/ليتر؛

– الصوديوم: Na_2SO_4؛

– المغنسيوم: $MgSO_4$؛

– ثنائيات الكالسيوم المتميئة: $CaSO_4(H_2O)_2$ (الجبس) ذات قابلية الذوبان الضعيفة: ٢,٤ جرام / ليتر؛

– ثنائيات الكالسيوم والبوتاسيوم: $K_2Ca(SO_4)2H_2O$ (السيچينيت syngénite)، ذات قابلية الذوبان الضعيفة: ٢,٥ جرام / ليتر.

المنتجات الأكثر شيوعاً هما الجبس والسيچينيت syngénite لأن لهما قابلية ذوبان منخفضة، ولهذا السبب يكون من الصعب التخلص منهما. ويقومان بإعتمام الزجاج ويسببان اضطراباً فى وضوحه. وهما خطران، لكونهما مسترطبين: فهما يحافظان على الرطوبة على سطح الزجاج ويدعمان بذلك عمليات التآكل البادئة.

لكل تلك الأسباب فإن المرمم يجب عليه انتزاعهما (على الرغم من صعوبة إقرار قواعد مطلقة فى هذا الشأن)، وبالأخص عندما لا يكون وسط الحفظ تحت السيطرة التامة.

هيئة التآكل

إن وجود هذه الأملاح المختلفة يعوق من إستقراء القطعة، لكونها معتمة وذات لون عامةً مائل الى البياض.

دور الكائنات المِكروية

الكائنات المِكروية (المتناهية الصغر) micro-organismes (البكتريا والحَزاز (نبات يعلو الصخور) lichens، والفطريات champignons) يمكن أن يشاركوا أيضا في تغيير الزجاج. غير أنه لا يبدو كونها تهاجم الزجاج نفسه.

في الواقع، فإن أى سطح زجاجي نظيف لا يعطي لها مأخذ مباشر. ولكن إذا كان هذا السطح رطب أو مغطى بالأتربة، أو المواد الدهنية أو بعض اللواصق أو المدعمات، فهنا تجد الكائنات المِكروية وسط للتغذية ملائم لنموها.

يكون وجودها معكرا لإستقراء القطعة ومساعدا للإبقاء على الرطوبة فوق سطح الزجاج. على حسب العائلة المنتمين إليها، فإنها تشارك فى مهاجمة الحامضية أو القاعدية للكتلة الزجاجية. يعمل النمو فى العمق لمستعمرات الحَزاز أو الفطريات مثلا على إشراك التآكل الميكانيكي مع التآكل الكيميائي للزجاج. ولكل تلك الأسباب سيتم التخلص من الكائنات المِكروية باستخدام قاتل للفطريات.

دور المنتجات الكيميائية (Scholze, 1980)

من ضمن المتفاعلات المعروفة فإن حامض الفلوروهيدريك (HF) acide fluorhydrique يكون وحده المتسبب فى مهاجمة الزجاج ويُتعرف عليه بشكل فوري.

سنلاحظ أيضا أن مركبات السيلكون تكون حساسة للمركبات العضوية مثل البيروكاتيكول pyrocatéchol والبيروجالول pyrogallol، وحامض الجاليك acide gallique، والصبغات والسترات citrate والجلوكونات gluconate والطرطرات tartrate والمالونات malonate.

دور درجة الحرارة ودرجة المرطابية (Bimson,Werner, 1964; Brill, 1975)

إذا تعرض الزجاج لتغيير موضعي لدرجة الحرارة بشكل مفاجئ وكبير، فإنه سوف ينكسر. فى الواقع يمنحه بناؤه موصلية حرارية سيئة. والأشد من ذلك سيكون الزجاج ذو التركيب غير المستقر الحساس جدا للتغيرات في معدل الرطوبة النسبية حتى الضعيف منها: فمثلا عند معدل مرتفع فإن الزجاج ذو التركيب المنقوص «سيعرق». واذا إنخفض المعدل فإنه سيصاب بالكريزلنج. حتى نتجنب تلك المشاكل، فإن بعض القواعد الأساسية يجب أن تُحترم.

سيتم حفظ الزجاج فى مخزن، أو في معرض، عند رطوبة نسبية محصورة فيما بين ٤٥ و٥٠٪.

الزجاج الذى «يعرق» سيتم حفظه عند رطوبة نسبية أقل من ٤٢٪ وهو معدل الرطوبة الذى بدءاً منه تصبح كربونات البوتاسيوم مُسترطبة. أي أثر للرطوبة يمكن التخلص منه عن طريق التننظيف بالكحول.

(هذه البيانات الرقمية ليس لها إلا قيمة استدلالية وتتغير بدلالة الماضي المرطابي (الهيجرومتري) للقطعة.)

دور الضوء

الأشعة الضوئية، تحت الحمراء أو فوق البنفسجية، تكون ضارة علي الزجاج، وبشكل أكبر على الزجاج المتغير.

فى الواقع، فإن الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من الشمس أو اللمبات المتوهجة يخشى منها لأن تأثيرها الحراري يمكن أن يسبب تغييرات مفاجئة للرطوبة النسبية أو يسبب تسخين موضعي شديد. أما الأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من الشمس أو اللمبات الفلورسنت فإنها تكون ضارة، بسبب تأثيرها الضوئي الكيميائي photo-chimiques الذى يتسبب فى ظواهر التشمس solarisation.

وفى الختام، فإننا سنلخص العلاقات بين تركيب الزجاج وعوامل التغيير فى الجداول الآتية:

العوامل الخارجية المرتبطة بالوسط (تربة، جو)	– ماء – غاز – كائنات متناهية الصغر – درجة الاسترطاب – الضوء – الرياح – الرقائق المصنفرة – رقم الـ pH – زمن التعرض
العومل الداخلية المرتبطة بالزجاج	– تركيبه ● جودة وطبيعة المركبات ● النسب مغيرات / مكونات قلويات / قلويات طينية قلويات / أمفوتيرات – تصنيعه ● الماضي الحراري ● الصقل ● التبخير ● الماسامية ● التشغيل على البارد

جدول ٣. العوامل الرئيسية المؤدية لتغيير الزجاج

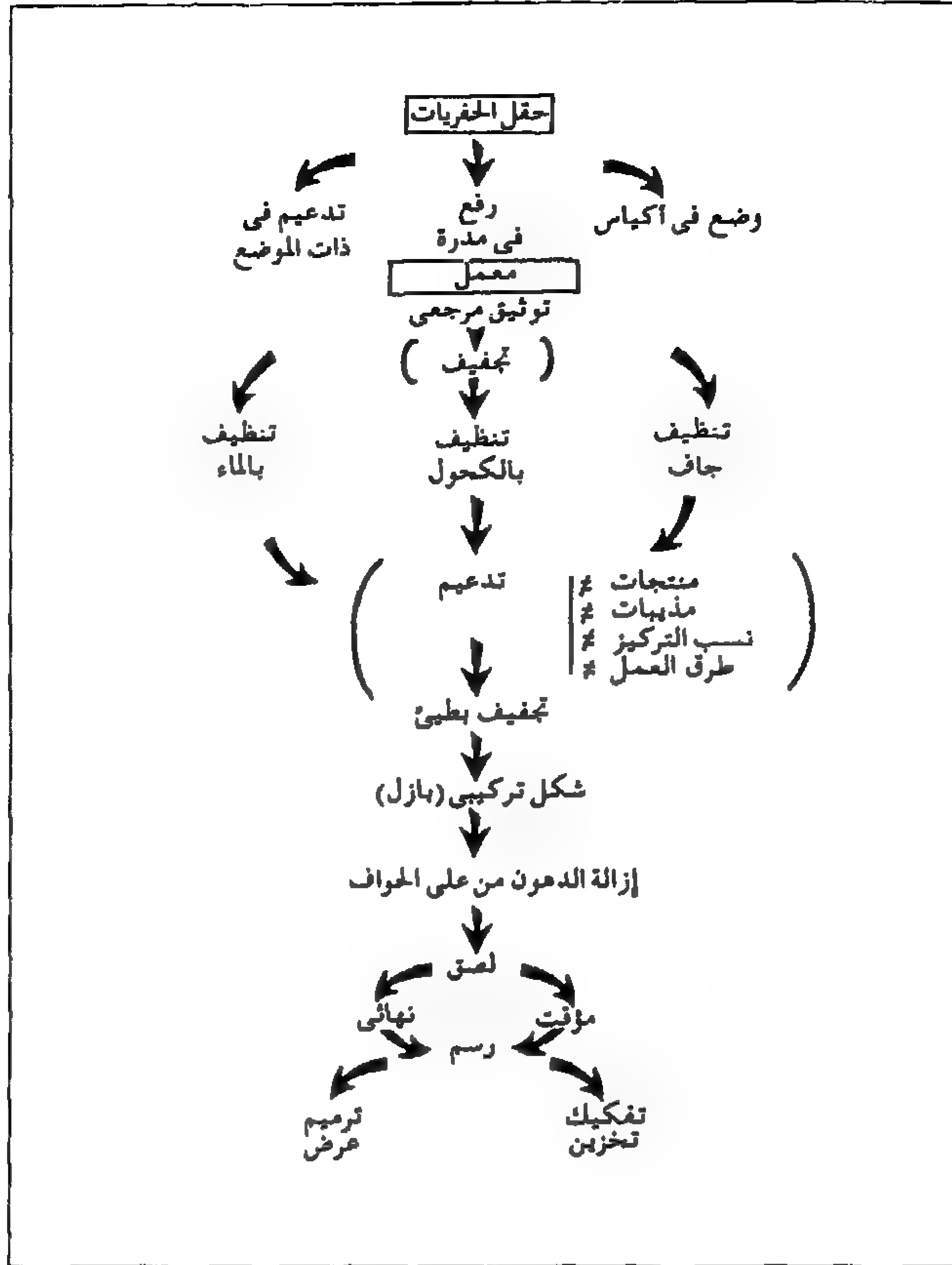
التركيب	نواتج التآكل
$K_2O + Na_2O < 16\%$ $13 < CaO < 15\%$	جبس وكالسيت
$K_2O + Na_2O < 16\%$ $11 < CaO < 15\%$	خليط من الجبس وسينجنين (syngénite) بدون كالسيت
$K_2O + Na_2O < 14\%$ $11 < CaO < 13\%$	يكون السطح متقزح (Irisée) ببلورات الكوارت والكريستو بالبيت مع الكالسيت

جدول ٤ . العلاقة المتبادلة corrélation بين التركيب والتغيير للزجاج (كما ورد في Godron, 1976, p. 649).

عمليات التدخل لإجراء الحفظ والترميم

عمليات التدخل لإجراء حفظ وترميم الزجاج تبدأ فى حقل الحفريات، ثم تستكمل فى المعمل. وهي تتضمن المراحل المعتادة من رفع، تنظيف، تدعيم، تركيب، لصق، سد للنواقص، تخزين. بعض عمليات التدخل مثل التنظيف لن يتم استعراضها هنا وسنتناولها فى باب الخزف. مراحل أخرى (عمليات التدخل الحقلي، تدعيم، تخزين) ستعروض فى شكل تذكِرة، ولكننا ننصح بشدة القارئ أن يرجع للأبواب الثانى والثالث والعاشر لكل مادة على الترتيب. وفى المقابل، فان عمليات التدخل لإجراء التركيب واللصق وسد النواقص ستُفصل هنا بشكل أكثر إتساعا.

فى حقل الحفريات (Chavigner, 1987; Le Tiec, 1985)، وعلى الرغم من الحالة المتردية لبعض الزجاج الأثري والتي قد تفزع الآثاري، فإن رفع تلك المادة يظل فى الإمكان. حينما تكون القطعة المحطمة حاملة للمعلومات، فاننا لا يجب أن نتردد فى رفعها وهى مندمجة فى المدرة en motte، (بعض الطرق الأخرى لرفع مادة الزجاج قد وُصفت فى الباب الثاني). نجلب المدرة إلى المعمل رأسا (قبل جفافها)، حتى نتمكن من القيام بعملنا الدؤوب بكل ارتياح. هذا النوع من عمليات التدخل يسمح بحفظ المعلومات الخاصة بعلم التربة pédologique، وحفظ السطح المتآكل للقطعة المُصنعة (أرتفاكت)، وكذلك نقط التلامس للشقفات المرتبطة ببعضها البعض (مما يسهل تركيبها لاحقا). في المعمل، تكون إدارة وتسجيل المعلومات مصاحبة لكل مراحل العمل. من بدأ وصولها، تتبع شقفة الزجاج مسارا محدداً بشكل كبير (شكل ٦).



شكل ٦. مدار «نمطي» لشقفة من الزجاج الاثري.

دونت كل المعلومات التى تمت ملاحظتها والمعالجات التى تم عملها فى (جدول ٥).

(كادر I وII)

بيانات مرجعية

حقل الحفائر: المكان: المسؤول:

تاريخ الحفائر: رقم القطعة:

منطقة: نطاق: تكوين:

القطع ذات الصلة:

أنواع الرسوبيات تأريخ

بيانات مرجعية متحفية

التسجيل

رقم الورشة:

تاريخ الدخول: الخروج: زمن التشغيل:

تمييز

تسمية ووصف مختصر ...

مواد وتقنيات التصنيع ...

تاريخ ومكان التصنيع:

وظيفة القطعة:

أبعاد: الطول: العرض: الإرتفاع: القطر: السمك:

حالة الحفظ

رفع فقط ☐	في مدرة ☐	مدعم ☐
جاف ☐	كامل ☐	مشقق ☐
رطب ☐	متجزئ ☐	به تجريح ☐
مغمور ☐	منقوص ☐	متشظي ☐

المنظور الأثري الكامل ... ☐

حالة السطح

ترسيب	ظاهري	مطعم	مسامي	مدمج
متمعدن	☐	☐	☐	☐
عضوي	☐	☐	☐	☐
معدني	☐	☐	☐	☐

حالة الزجاج

مظهر / موضع	سطح خارجي	قلب	سطح داخلي
شفافية			
عتامة			
نصف منفذ			
كمود			
لمعان			
عليه سحابة			
تقزح			

مسحوق
قشرة مدمجة
ابرية
قشور
ملاحظات (تقدم التآكل، العلاقات مع الروسبيات...)
حالة الزخرفة
وصف ...
تطبيق على الساخن ☐ مينا ☐ رمادية ☐ رسم تصويري ☐
وريقات معدنية ☐ نقش ☐ مقاس ☐ أشياء أخرى ☐
الثبات على الزجاج ... ترابط الزخرفة ...
تذرية ... تقشر ...
ملاحظات: ...

(كادر III و IV)
حالات سابقة:
حالات الحفظ:
تدخلات سابقة:
سبب التدخل: ...
توثيق مكمل بيبليوجرافية (سيرة ذاتية) ☐
صور ☐ رسم ☐ تحليل ☐
وسائل أخرى ☐
نصائح للصيانة
رطوبة نسبية: ضوء: تجهيز:
حفظ: تعاملات:
تدخلات
تنظيف: تدعيم: لصق:
عمل القاعدة: ترميم النواقص: أشياء أخرى:
المواد والطرق المستعملة: ......

جدول ٥. مثال لبطاقة عمل لحفظ وترميم الزجاج كادر I وII يمكن ان يرتبا جنباً إلى جنب على وجه بطاقة مقاس ٢١/٢٩٠٧ بشكل أفقي كادر III وIV بنفس الطريقة على ظهر البطاقة).

تدعيم وتركيب ولصق

التدعيم

يكون الزجاج الأثري أحيانا فى حالة تغيير altération متقدمة بشكل كبير بحيث لا يمكن التعامل معه.

من ناحية أخرى، فإن قشرة التآكل السميكة لحد ما التي تغطيه تكون غالبا هشة جدا؛ ولكن تلاشي هذه الأخيرة يضعنا أمام مشكلة التزام أدبي جادة لأن هذه القشرة تمثل المادة الأصلية للقطعة، مما يستدعي محاولة المحافظة عليها، بمعنى آخر تدعيمها. سنذكر فى الباب الثالث المنتجات والطرق الرئيسية اللازمة لهذه العملية. فعلى الزجاج المتدهور بشكل بعيد (معتم تماما، متغير حتى القلب، ذو نسيج أشبه بنسيج قطعة السكر) والحاوي على معلومة أثرية ذات مغزى فإن المرمم يمكن أن يقاد إلى القيام بمعالجات معقدة.

حتى نصور هذا المقصد، فإننا سنستعرض تَدْخل مُجرَب تم تطويعه ليلائم حالة خاصة جدا ولا يجب على القارئ أن يعتبره بأي حال من الأحوال هو الحل لكل مشاكل التدعيم:

إن الزجاج المتغير بشدة والمتكسر فى مكانه يُدعم فى حقل الحفريات بالكحول البولي فينيلي ويرفع مع المدرة ويحمل إلى المعمل، غير أن التربة الحاملة والقطعة يكونان لسوء الحظ قد أصابهما الجفاف (صورة ٦).

يتم تنظيف القطعة المُصنعة (أرتفاكت) بعود فى طرفه قطن مشبع بالكحول ثم تغطى، فى توزيع منطقي، بلفائف متقاطعة من الورق الياباني papier Japonais، التي نضع عبرها بالفرشاة راتنج تخليقي غير قابل للذوبان فى الكحول ومذاب فى الأسيتون (Elvacite 2044). تكون المنطقة التي يتم التبطين عليها فى مجملها خالصة من التربة الحاملة (ويتم من جهة أخرى تطرية هذه التربة الحاملة بالكحول وغربلتها حتى لا نفقد أي جزء متكسر). ثم بعد ذلك يتم تنظيف الظهر بالكحول (صورة ٧) ويدعم براتنج قابل

للذوبان فى الكحول (Paraloïd B72) بدون انفصام لتغطية الوجه facing التي سبق عملها. الكسور المتلامسة يتم تثبيتها فى مكانها ببعض نقاط من لاصق السيانوكريلات cyanocrylate ولفائف لاصقة من الورق (انظر: التركيب). يزال التبطين بالورق الياباني بحرص شديد باستخدام الأسيتون (التدعيم بالبرالويد، من ناحية الوجه، يمكن أن يعاد عمله). تكون الشقفات إذا جاهزة للصق النهائي.

يسمح هذا النوع من التعاملات بحفظ حجم كبير من القطعة، وبهذا يتم الافصاح عن المنظور الأثري للقطعة. ومن وجهة أخرى يسمح لنا بشكل متزامن بإجراء عمليات المعالجة، ويحافظ على اللصق المؤقت، لأن الراتنجات المستخدمة لا تكون حساسة لنفس المذيبات.



الصورتان ٦ و٧. رفع وتدعيم لكوب زجاجي أثري شديد التغيير (بلدية سان دونيه الوحدة الأثرية ٨٩١٣٦ ٨٧ - ٩ - ٢٥ , ١ - ٦٣٦ - ١٨ ,).
٦. الكوب الزجاجي المتكسر فى مكانه قد تم رفعه مع المدرة ونستطيع أن نرى غلاف الأرض الذى يمسك به.
٧. ظهر القطعة المتكسرة وقد نُظف ودُعم بدون فقد لنقط التلامس الدقيقة للمشقفة.

التركيب (إعادة التركيب) remontage

يسمح التركيب بإرجاع الكمال الفيزيائي للقطعة المُصنعة.

هذه العملية يمكن تصورها من منظورين محددين، ويعني هذا اعتبارها:

- إما معاملة مؤقتة، تسمح بالافصاح بشكل موضعي عن الحجم الذي قد تم حفظه من القطعة المصنعة؛
- أوكونها طور إعدادى للصق النهائى للقطعة.

فبغض النظر عن مقصد هذا التدخل، فإنه يجب أن يتم بانتباه خاص جدا، لأن إعادة تركيب الشكل الصحيح للقطعة سيكون معتمد عليه.

تعاملات التركيب تتم على كسور الزجاج التى تُظهر أفضل تماسك ميكانيكي ممكن (بالتدعيم أو بدونه، بالتبطين أو بدونه) على الحواف التي تم إزالة الدهون من عليها باستخدام ميثيل ايثيل السيتون méthyléthylcétone. يتم بعد ذلك تجميع القطع بشكل منطقي وتحفظ فى أفضل وضع لكل واحدة بالنسبة للأخريات، بدون بروز (سيتم شرح هذا المفهوم لاحقا)، وذلك بتأثير وزنها الذاتي وبفضل وضع لفائف من الشريط اللاصق عموديا على محور الكسور (صورة ٨).



صورة ٨. تركيب باستخدام لفائف رقيقة من الأشرطة اللاصقة (بلدية سان دونيه، الوحدة الأثرية).

وعند اجتياز تلك المرحلة، فإن الزجاج يتم ببساطة تدوين رسمه ودراسته (Hejdova, Reznickova, 1973) ثم يتحتم إعادة تفكيكه ويتم نزع الشريط اللاصق وتنظيف الحواف (إزالة الدهون منها) وتخزين القطعة على هيئة أجزاء سيعاد تجميعها «en kit»، (أنظر باب ١٠). إذا كان الزجاج سيتم لصقه بشكل نهائي، فإننا سنقوم بعمل شكل تخطيطي croquis سريع لمخطط تجميعه plan d'assemblage، ثم يعاود المرمم تركيب الأرتفاكت حتى يحصل على تناسق تام فيما بين الشقفات.

على مر عملية التركيب، فإننا نستخدم غالبا - ولكن ليس بشكل قاصر - الشرائط اللاصقة. ويتوافر العديد منها في الأسواق؛ وهي تتراوح فيما بين كونها: ناعمة، مرنة، مطاطة، لاصقة، معتمة، شفافة. سيقوم المرمم بالاختيار فيما بينها على حسب ميوله والضغوط التي تفرض نفسها عليه. فيجب عليه دائما اختيار مادة لا تسبب بقع وتكون سهلة الرجوعية.

مازالت المعلومات عن طبيعة الشرائط اللاصقة نادرة لحد ما (Mofatt, 1979, 1982)، ويبدو مع ذلك أن اللاصق الأكثر شيوعا في الاستعمال هو من نوع الاستير أكريلات المقترن مع التربنتين أو مشتقات الكولوفان؛ وتكون الدعامة البلاستيكية فيه مكونة عامةً من فيلم من البولي بروبيلين.

هذه الأنواع من المواد تستجيب لعدد كبير من المذيبات (كحول، سيتون، هيدروكربونيات أليفاتية...) وبالتالي فهي سهلة الانعكاسية.

غير أن استعمال الشرائط اللاصقة يمكن أن يسبب مشاكل.

فعلى الرغم من أن مخاطر التغيير الكيميائي للاصق الشفاف scotch محدودة جدا على الأمد القصير، فإن الملامسة contact على الأمد الطويل يجب أن تكون منهي عنها، لأن الشريط اللاصق لا يُعتمد عليه بشكل كافي لضمان الحفظ الجيد للأرتفاكت، من الناحية الميكانيكية أو الكيميائية. فى الواقع، فإن أى شريط لاصق شفاف يُترك بشكل ممتد على قطعة ما، يُصبح قابلاً للكسر ويترك بعد إزالته آثار يتعذر محوها (صورة ٩).



صورة ٩. بقايا للاصق خاص ببطاقة تعريف وقد هاجر إلى داخل الزجاج بشكل لا يمكن معالجته (متحف عصر النهضة، قصر Ecouen E.cl 21633).

وعلى هذا فلا يسمح الشريط اللاصق إلا بإعادة تركيب مؤقتة.

كما يجب علينا أيضا إتخاذ احتياطات عديدة عند استعماله على الزجاج: المرسوم بالطلاء، المذهب، المطلي بالمينا، المتغير.

فى مثل تلك الحالات، فإن إعادة التركيب يتم عمله من داخل القطعة، حتى نتجنب أى فقد للمادة. غير أن تلك التعاملات لا تكون دائما قابلة للتنفيذ، وبالأخص على الزجاج ذو الأسطح المتآكلة من جميع النواحي، وذلك حتى ولو كان قد سبق ترميمه.

فى حين أن المرمم يمكن أن يتوجه نحو بدائل أخرى، ولكن لا توجد أي واحدة منها تمثل «الحل الأمثل». ويكون على المرمم أن يختار فيما بين:

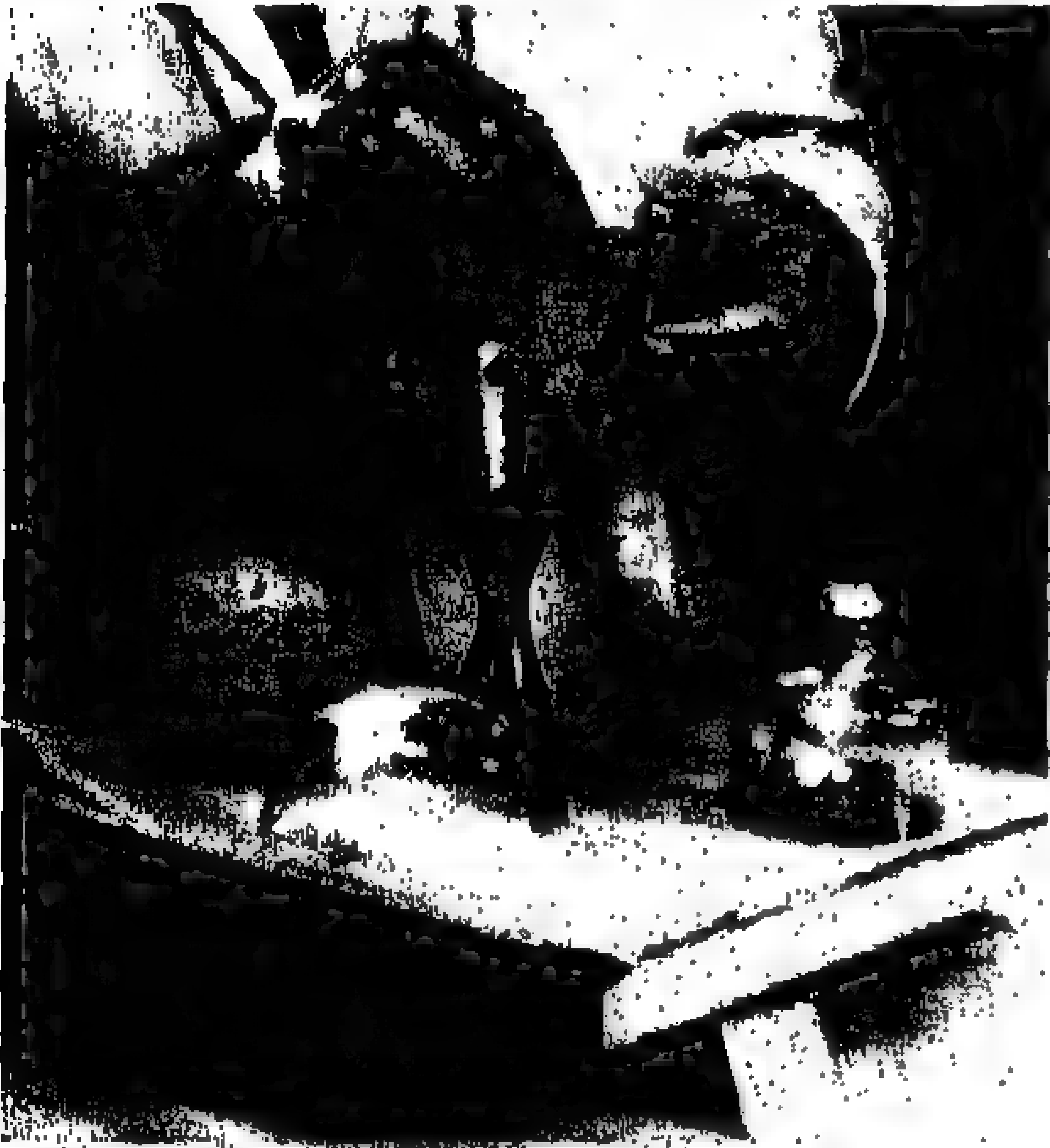
- أن يقوم بإعادة التركيب، بدون شريط لاصق شفاف باستعمال لاصق سيانو اكريلات أو لاصق إيبوكسي سريع يتم وضعه على شكل نقط. غير أنه على شكل تركيبي puzzle معقد فإن نوعية التركيب تكون عرضة لأن تظهر بشكل غير مُرضي؛

- أن يقوم بإعادة التركيب عند نقط ما بواسطة شمع لاصق ذو درجة انصهار منخفضة. هذه الطريقة التقنية تكون فى بعض الأحيان صعبة التنفيذ ولا تقي دائما من فقد القشور حتى لو كانت المنطقة المصابة محدودة الإمتداد (صورة ١٠)؛

- أن يقوم بتجديد التدعيم.

في أثناء إعادة التركيب المعقد، قد يحدث أيضاً ألا تتمكن القطعة من حمل وزنها الذاتي، حتى بمساعدة الشرائط اللاصقة أو نقط لصق السيناوكريلات أو الشمع. سنلجأ إذا إلى أى شكل من أشكال التدعيم المؤقت من أكياس رمل أو أعواد من البلكسي جلاس أو خشب البلزا balsa (خشب خفيف قوى) أو بلاستيسين.

قد يتواجد الزجاج الأثرى أحيانا فى حالة مجزأة ومنقوصة لحد كبير، مما يؤدي إلى عدم إمكانية إعادة تركيب بعض القطع منه وذلك راجع لكون: نقط التلامس الخاصة بها تكون قد ضاعت،أو تكون الشقفات متناهية الصغر بحيث لا يمكن وضعها بشكل صحيح في مكانها.



صورة ١٠ . إعادة تركيب باستخدام أعواد من الشمع اللاصق (بلدية سان دونيه - الوحدة الأثرية).

بالنسبة لهذين الشكلين من الحالات فإن الشقفات ستجمع بعناية وستُسَجل فى سجل المعالجة وتصير إما:

- محفوظة كشاهد مادي على تاريخ القطعة، مما يتيح عمل التحاليل مع تجنب أخذ عينات من ذات القطعة؛
- يعاد تركيبها فى جسم الأرتفاكت إذا رأينا أن ذاك ضروري بواسطة راتنج لملء الفراغات، عند إجرائنا لاحقاً للتجميع.

اللصق

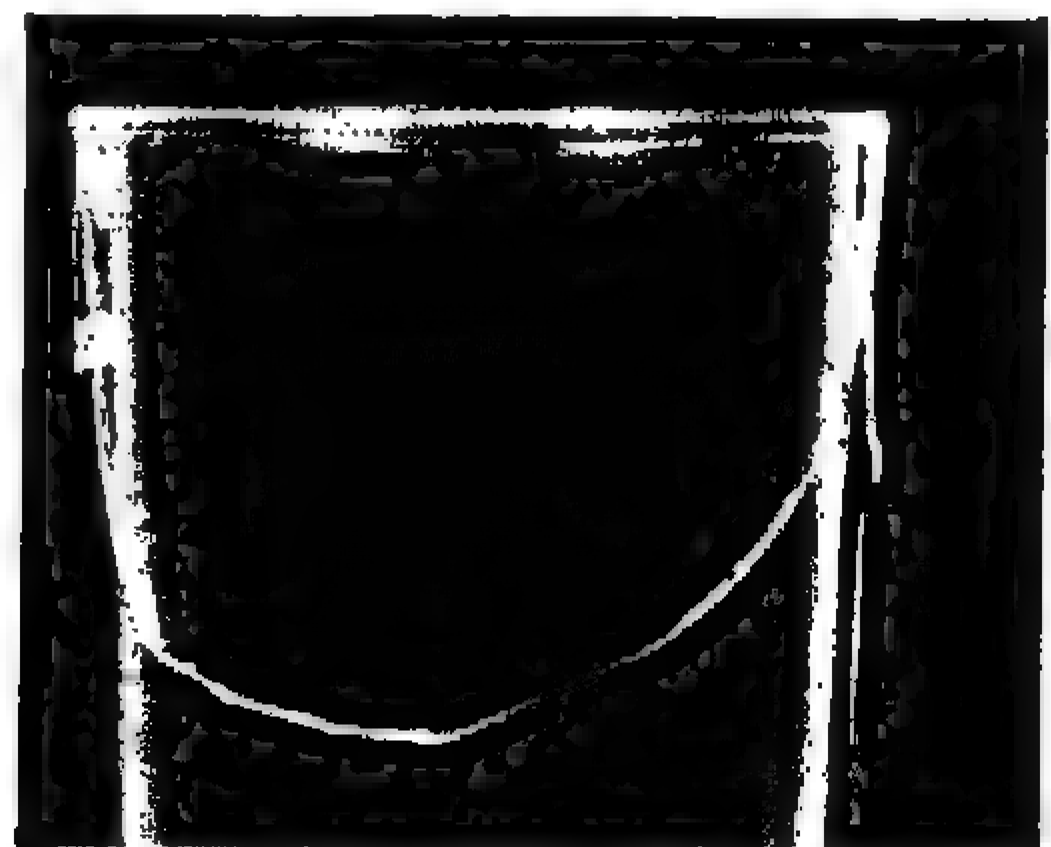
يُعد لصق الخزف والزجاج تدخل حساس تتأثر منهجيته بشدة بجوهر المادة (شفافية الزجاج)، وبحالة التغيير للقطعة (المسامية) وبمقاومة الروابط اللاصقة المراد الوصول إليها (لصق مؤقت أو دائم) (انظر التذكرة رقم ٨ «لصق»).

معامل الانكسار (n) للزجاج يكون غالبا مرتفعاً على الرغم من تغيره بشكل كبير (من ١٫٤٨ إلى ١٫٥٩) على حسب تكوين الزجاج وحالة التغيير به. إذا كنا نرغب أن يكون خط الوصل غير مرئي، فإن اللاصق يجب أن يكون له معامل انكسار أقرب ما يمكن لمعامل إنكسار الزجاج

١٫٥٥ < n للواصق الإيبوكسية < ١٫٥٨٥؛

١٫٤٠٥< n للواصق السيليكونية < ١٫٤١٥.

فى الواقع، حتى يكون اللصق غير مرئي، يجب أن يكون الفرق بين كلا المعاملين أقل من ٠٫٠٣، لأن العين البشرية يمكن لها أن تلحظ أى فرق أعلى من هذا الرقم (الصورتان ١١ و١٢). فى الوضع الراهن للأبحاث، فإنه ما زال يبدو من الصعب على المرم أن يغير بشكل محسوس من معامل الانكسار للاصق ما حتى يُكيفيه مع كل قطعة زجاجية بالذات، ولكن هذا النهج قد لا يكون خالي من أية بارقة أمل (Towsend, Tennent, 1984).





الصورتان ١١ و١٢. مدى وضوح رؤية خطوط الكسر.
١١. وضعت القطعتان فى مكانهما بفضل الوزن الذاتي لكل منهما ونرى جيدا خط الكسر وذلك لأن الفجوة التى تفصل الشقفتان تكون مملوءة بالهواء ذو معامل انكسار n = ١.
١٢. خط الكسر مملؤ براتنج إيبوكسي XW 396/397، ذو معامل انكسار n = ١٫٥٥٣ قريب من معامل انكسار الزجاج (١٫٥٨) n للزجاج > ١٫٤٥).

يكون الزجاج السليم أو الخزف من المواد ذات الطاقة العالية، وهي صلبة وذات توتر سطحي عالي جدا (من ٥٠٠ الى ٥٠٠٠ ملي جول/متر٢) مما يتحتم معها استخدام لاصق ذو قطبية عالية haute polarité. علاوة على أن مساميتها تكون غالبا ضعيفة وسينفذ اللاصق الموضوع عليها بداخلها بشكل ضعيف، هذا على الرغم من أنه يستوجب على اللاصق إقامة رابط قوى مع الجدار يُعتمد عليه: سنستخدم إذا لواصق ايبوكسية (انظر فيما بعد).

فى المقابل، فإن الخزف ذو العجينة الطرية أو الزجاج المتآكل يكونان أكثر مسامية. يكون من الوارد استخدام لاصق أكريليكي (Koob, 1986) وهذا اللاصق يقيم روابط أقل شدة، بعض الشئ، من اللواصق السابق ذكرها.

حتى نيسر اللصق ونحسن من خواص البلل للواصق والمدعمات، فإنه يمكن لنا استخدام السيلانات silanes (Borelli, Fiorentino, 1975; Brill *et al.*, 1984; Charola *et al.*, 1984).

هذه المواد مشتقة من السيلكون وهى مؤلفة من مجموعات متفاعلة نمطية تقيم نوع من «الكباري» بين اللاصق والزجاج: وهى عوامل ربط وليست لواصق. وتكون مثيرة للإهتمام جدا لأنها تسمح بعمل لصق وتدعيم ذو مقاومة عالية. غير أنه يمكننا طرح تساؤلات بخصوص رجوعيتها وتأثيرها على تقادم اللاصق على المدى البعيد.

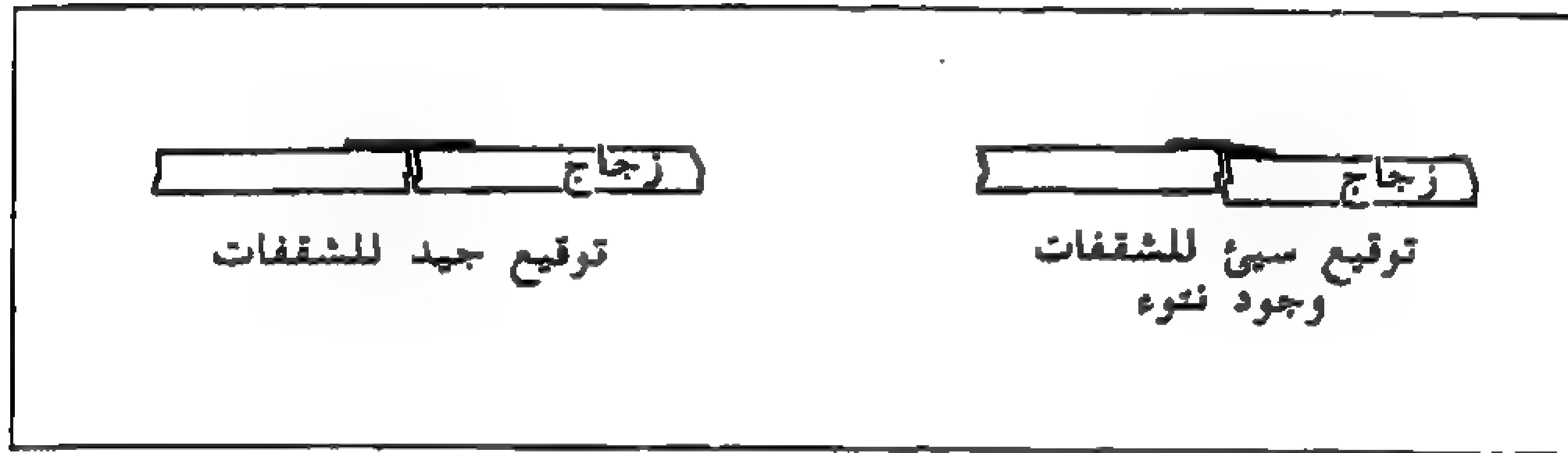
فى الوقت الراهن، فإن اللواصق المستخدمة للصق الزجاج تكون منحدرة من أربعة عائلات كيميائية كبيرة (انظر تذكرتان رقمى ٦ و٧):

اللواصق الڤينيلية (رودوباس Rhodopas M60) والأكريليكية (برالويد Paraloïd B72)

نستخدم هذه اللواصق عامةً مذابة عند تركيزات عالية (٣٠٪) فى مذيبات عضوية مثل الكحول أو الأسيتون، على الأجزاء المراد لصقها المسماة «بالمفتوحة».

بالنسبة للأجزاء المراد لصقها «المفتوحة»، فإن حافة الشقفة المطلوب ربطها تُدهن باللاصق ويتم ضغط الكسر الآخر في مقابل الجدار المطلي باللاصق ويوضع فى وضع مناسب إلى حين تبخر المذيب وتصلب غشاء اللاصق.

هذه الطريقة تكون بالطبع بسيطة جدا عند التطبيق ولكنها لا تُعطى دائما نتائج َجيدة على القطع ذات الجدران الرقيقة (خزف صيني وزجاج)، والتى ينتج عنها الشكل التركيبي: فلا يمكن تجنب النتوءات فى هذه الحالة (شكل ٧). وتتجمع الأخطاء الصغيرة جداً لكل عملية لصق مع بعضها، مما يُعرض النتيجة الكلية للخطر.



شكل ٧. وضع الكسور فى أماكنها.

بعض اللواصق الأكريليكية والسيانوأكريلات (ڤيتراليت vitralit، جلاس بوند glass bond) تكون عبارة عن لواصق ذات مكون واحد، ويمكن أن تستخدم عن طريق تجميع مغلق (مفهوم سيتم شرحه لاحقا).

اللواصق الأكريليكية التى ذُكرت في هذا المقام، تتبلمر بالأشعة فوق البنفسجية: فلا يمكن لنا استخدامها على جميع أنواع الزجاج المزخرف لأن بعض أنواع الطلاء به توقف الأشعة فوق البنفسجية .U. V.

بالنسبة للواصق السيانوكريلات، فإن البلمرة لا يمكن أن تبدأ إذا كان سطح الزجاج حامضي ولا يتم الالتصاق أو قد يتم ولكن بشكل ردئ. علاوة على أنه خلال تقادمها فإن هذا النوع من اللواصق تزال البلمرة عنه dépolymérise بشكل عنيف (Witte, 1985). وظيفة النيتريل nitrile C-N، الصلبة التي تميز هذه اللواصق، قد تكون حساسة للإهتزازات وبالتالى يسهل إصابتها بالهشاشة.

لكل تلك الأسباب، فإن اللواصق الأكريليكية التى تتبلمر بالأشعة فوق البنفسجية (.U.V) واللواصق السيانوكريلية تعتبر كلواصق نزوية ولا يعتمد

عليها بشكل كبير. وهى لا تستخدم أبدا كلاصق نهائي ولكن فقط للصق نقطي، على قطع ضعيفة المسامية (زجاج، خزف صيني). وفى المقابل، فهي تكون مستحسنة لتصلبها السريع (بضع ثواني أو دقائق).

اللواصق السيليكونية

وهى مواد مثيرة للإهتمام وبالأخص من أجل إعادة تركيب الزجاجيات (الزجاج المُعشق المُلون) vitraux وذلك نظرا لمرونتها، غير أنه يجب علينا الانتباه عند اختيارها لأن البعض منها ينتج عنه حامض الخليك (الأستيك)، والذي له قابلية مهاجمة شبكة الرصاص الخاصة بالزجاج المعشق أو حتى الزجاج نفسه.

المواد اللاصقة الإيبوكسية (Brill, *et al.*, 1984)

تشكيلة تلك المواد تكون واسعة، ومن بين ما تشتمل عليه اللواصق الضوئية التي تناسب بشكل خاص المواد الشفافة.

ويبدو أن اللواصق الثلاثة الأكثر فاعلية، فى الوقت الحاضر فى الأسواق هي (Bradley, Wiltem, 1984; Down, 1984, 1986; Jackson, 1984) الأرالديت Araldite AY 103/HY956 والذى تم استبداله الآن بالأرالديت Araldite XW 396/397 (n = ١,٥٥٣)؛ الأبلوبند Ablebond ٣٤٢-١ أو الإبوتكس Epotox ٣٠١ الذى له تركيب مشابه جدا (Mofatt, 1981) (n = ١,٥٦٤٦ + أو – ٠,٠٠٠٥) الهكستال Hxtal-NYL I (n = ١,٥٢٠١ + أو – ٠,٠١) الذى له وقت تبلمر طويل جدا (٧ أيام).

ونشير أيضا الى لاصق الباكون Bacon FFA-٢٢ الذى يمتلك خاصية احتوائه على السيلانات silanes.

هذه اللواصق لها سيولة عالية ويمكن تطبيقها عن طريق التشرب باللصق المسمى بـ«المغلق». هذه التقنية يوصى بها بالأخص عند تجميع الزجاج والخزف الصيني ذوات النسيج المغلق (قليل المسامية) والناعم (بدون خشونة). وهكذا يتم إقامة رابط يُعتمد عليه ونتحكم من خلاله بشكل تام فى وضعية الكسور.

اللصق «المغلق» يتم عمله باستخدام لاصق إيبوكسي على حواف خالية من أي إتساخ: في الواقع، فإنه على أية قطعة متكسرة، وحتى لو كان الكسر حديث، فالسطح المراد لصقه يتعرض للتلوث بواسطة أكسوجين الجو، أو الماء أو أى جسم دهني آخر. هذه المواد المذكورة آنفا تتوجه على سطح الشقفة ويصبح إذا من الصعب بلل جدار القطعة بمنتج قطبي. يتم إعادة تركيب القطعة فى مجملها بالأشرطة اللاصقة (انظر: إعادة التركيب). وسنتأكد من وضعنا للقطع بشكل صحيح الواحدة بالنسبة للأخرى. سنعمل حسابنا على إيجاد مكان خالي يمكن ترك القطعة به، للمدة الكلية اللازمة لبلمرة اللاصق. سنراعي عزل الأرتفاكت جيدا عن سطح العمل بواسطة شرائح الألومنيوم مثلا حتى نتجنب بقائهما ملتصقين! ثم بعد ذلك نخلط الراتنج بالمُصلب حسب النسب التي بينها الصانع. ستتم هذه العملية بواسطة عود من الخشب وليس من الحديد لأن الحديد قد يعمل على اضطراب شك الراتنج. بعد أن نقوم بتقليب المخلوط فإننا نتركه يَسكُن بضع دقائق تحت لمبة متوهجة أو لمبة ذات أشعة تحت الحمراء، حتى نتمكن من تسييل اللاصق جيدا وترك الوقت الكافي لفقاعات الهواء للإنفلات والخروج. بعد ذلك نطبق اللاصق على خطوط الكسر بواسطة عود رفيع، (صورة ١٣): تبقى اللواصق الإيبوكسية الضوئية colles époxydes optiques سائلة لمدة تتراوح ما بين ٢٠ إلى ٤٠ دقيقة بعد خلط المكونين. تتم بلمرتها الكاملة فى فترة زمنية من ٢٤ ساعة وحتى ٧ أيام. إذا رغبنا فى الإسراع من التجفيف، فإننا نضع القطعة المراد لصقها بالقرب من مصدر حراري (لمبة ذات أشعة تحت الحمراء أو لمبة متوهجة عادية). غير أنه يجب أن نكون متيقظين ونتأكد أن القطعة لم يحدث بها كريزلنج، ونضع اللمبة على مسافة مناسبة حتى لا يلعب هذا دور البادئ لعمليات التغيير: فإذا تلك المعاملة لا تكون بدون مخاطر! عندما يكون اللصق جافاً فإننا نستبعد الزيادات في اللصق والأشرطة اللاصقة بواسطة ميثيل ڤينيل أسيتون ومشرط.



صورة ١٣. اللصق بالتشرب (بلدية سان دونيه - الوحدة الأثرية).

عملية اللصق براتنج إيبكوسي تستدعي عمليات حساسة تكون رجوعيتها صعبة، وسوف لا تتم إلا بواسطة متخصص.

بالنسبة للصق الأكثر تعقيدا من ذلك، مثل لصق القطع الزجاجية ذات الأشكال المغلقة، والتى سوف يتم سد النواقص بها لاحقا، فإن اللصق الكامل والنهائي يكون مستحيل لأنه يعرض التدعيم المستقبلي للخطر. سنقوم إذا بمزاولة لصق جزئي، نحتفظ فيه بواحد أو أكثر من خطوط التفريق غير ملصقة. نطلي الحواف المعنية بالفازلين او الطلاء البراق العازل (ڤرنيه) (« Tego trennmittel » أو « Soloplast »). بعد حماية خطوط الكسر، بهذا الشكل، فإنه يتم لصقها بشكل نهائي عند إنتهاء تعاملات الترميم.

بالنسبة لعمليات اللصق الخاصة جدا، كالتي تجرى على الزجاج الذى به كريزلنج، فإنه إذا لم يتم حماية سطح هذا الزجاج، فإن اللاصق ينفذ إلى كل التشققات. تجد المنطقة المتشربة نفسها وقد تغير معامل الانكسار بها بالقياس للجزء غير المتشرب: وينتج عن ذلك مظهراً غير متجانس للزجاج. حتى نتجنب ذلك، فإننا نحمى السطح المعتل بطلاء براق واق يكون سهل الرجوعية كالكحول البولي ڤينيلي بتركيز ٥٪ فى الماء. ويتم إزالته بعد إتمام اللصق (Nansenet, 1982).

على الزجاج المرسوم أو المطلي بالمينا (Jackson, 1984; Newton, 1974)، فإننا لا نستطيع عمل تسريب infiltrer لراتنج الايبوكسي فيما بين الكسور بدون أن يكون هناك مخاطر لفقد المادة أثناء تنظيف ما زاد من اللاصق: وسنعمل إذا، فى حدود الإمكان، على إجراء اللصق من الداخل.

على الزجاج المشروخ، فإننا نُدخل اللاصق، فى المنطقة المتشققة حتي ندعمها ونحد من اتساعها. يمكن أن نُجري ذلك أيضا لتحسين المظهر الجمالي للقطعة. تلك العملية تكون بعيدة عن كونها عادية، وذلك لأنها أقل سهولة فى الرجوعية من اللصق «التقليدي». علاوة على أن، التنفيذ التقني لهذا التدخل يكون حساساً: إذا لم يتم القيام به بشكل صحيح، فيمكن لفقاعات الهواء أن تبقى حبيسة بين اللاصق والشق. لمعالجة ذلك فإننا نقوم بالتسخين المُسبق الجيد للاصق حتى نيسر من انتشاره، وسنقوم باللصق على ناحية واحدة من خط الكسر، بشكل يسمح للهواء أن يهرب بسهولة.

بالنسبة للأشكال الزجاجية التى لها ساق دقيقة بشكل خاص ومتكسرة، فإن اللصق البسيط قد لا يبدو كافيا. فى الحالات القصوى يكون فى الإمكان عمل ثقوب في الأجزاء المراد لصقها عن طريق قذفها تحت ضغط بمسحوق أكسيد الألومنيوم، وهذا يزيد من منطقة التلامس، زجاج/لاصق. علاوة على ذلك، فإن بعض المؤلفين يُدخلون فى الفتحة المثقوبة عود من البلكسي جلاس (Jackson, 1982). هذا النوع من التدخل يكون مثيرا للجدل لأنه غير رجوعي وينال من تكامل القطعة ويعرضها لمخاطر كسر عظيمة. البعض الآخر من المؤلفين يفضلون تثبيت القطع باستعمال حلقة معدنية: وهو حل غير جوهري غير أنه يكون مرئيا بشكل أكبرا (André, 1976).

وماذا عن النواقص؟

إذا كانت القطعة منقوصة، فإن النقص بها lacune يمكن أن يُترك حرا أو أن تُملأ الفراغات به بواسطة راتنجات تخليقية.

نلجأ لسد النواقص لتحقيق الآتي:

– حفظ أفضل للأرتفاكت وبالأخص إذا كانت تضم مجموعة تراكيب puzzle معقدة ذات حواف بارزة. فالتعويض بالراتنج يقوم بدور الشداد الميكانيكي؛

– إعادة احتواء قطع من الزجاج، نكون واثقين من موضعها، على الرغم من أن نقط تلامسها مع الحجم المحفوظ تكون قد ضاعت؛

– إعادة إحياء الشكل الكامل للأرتفاكت، وبالتالي تسهيل إستقراءه وعرضه على الجمهور.

غير أن هذا الملء لا يكون دائما قابلاً للتنفيذ.

فالمرمم يجب أن يسأل نفسه بالأخص، إذا كانت التعاملات التي يأتي بها هي في قدرة احتمال القطعة. في الواقع، فإن شكل الزجاج، وحالة سطحه (قشور...) وسمكه، ونوع الزخارف (رسم ملون غير محروق...)، إلخ...، لا يمكن لهم فى بعض الأحيان إحتمال التعرض لتلك التدخلات بدون خطر عليهم.

علاوة على أن التعاملات تكون غالبا طويلة وبالتالى مُكلفة، فى مقابل مردود ختامي لا يكون دائما مبهج للعين:... يجب أن يكون هذا محل إدراك منا!

عمل القوالب، باستخدام شمع طب الأسنان.

في هذه الطريقة، نستخدم الشمع كقالب للأجزاء المراد ملئها.

الشمع المستخدم هو شمع طب الأسنان الذى غالبا ما يكون لونه بمبي، ويتواجد في صورة ألواح بأبعاد حوالى ١٧ فى ٨ سم وسمك من ١ إلى ٢ مم، الأكثر شيوعا في الاستعمال هو الشمع الصلب أو العادي (Dentsply, Kerr,...)

١ / تُستعمل هذه التقنية للنواقص ذات المقاس الصغير.

٢ / تُقطع قطعة من الشمع ذات أبعاد أكبر من أبعاد الجزء الناقص المراد ملئه، بواسطة مشرط قمنا بتسخين نصله مسبقا باللهب.

٣ / يتم تسخين الشمع بشكل طفيف وتطريته بواسطة مجفف الشعر (سشوار).

٤ / يمكن للشمع أن يتشكل على الجزء السليم من الأرتفاكت.

٥ / يُنقل بعد ذلك للمنطقة المراد ملئها.

٦ / وتُقطع إذاً على حسب الشكل الحدودي (الكنتور) للجزء الناقص: يكون تقطيع لوح الشمع بأبعاد أكبر من أبعاد الجزء الناقص (١م تقريبا)، حتى نتمكن من تثبيت القالب على جدار الزجاج لاحقا.

٧ / سنقوم بعمل نفس العمليات من (٢ إلى ٦) لتصنيع القالب الداخلي للجزء الناقص.

٨ / يتم رفع الشمع ويغطى بغشاء من الكحول البولي ڤينيلي (« Tego Trennmittel, 1744 »، « Soloplast »)، والذى نفرده باستخدام الأصابع أو بالفرشاة أو مرشة الدهان. هذا الغشاء يعزل الشمع عن الراتنج الذى سيتم صبه لاحقا ويسمح إذا بإعطاء مظهر سطحي جميل لسدة النواقص. من ناحية أخرى، فإن هذا يُجنب انتشار اللون البمبي لشمع الأسنان في مادة سد النواقص عديمة اللون.

٩ / وبتحضير القالب على هذا الشكل، فإنه يوضع على المنطقة المراد سدها ويتم لحامه بالزجاج عن طريق انصهار خطوطه الكنتورية. يتم تنفيذ

هذه العملية باستخدام ملعقة صيدلي (فِرة) spatule مُسخنة بالكهرباء أو ملعقة معدنية مقوسة مُسخنة مسبقا بشعلة (صورة ١٤).

حتى نتيقن من التصاق الشمع على الزجاج، فإن حواف القالب غير الظاهرة بشكل ما، يمكن أن تُراقب باستخدام مرآة طبيب الأسنان: الوصلة شمع/زجاج يجب أن تكون خالية من أية عيوب حتى نتجنب أي تسييل للشمع غير مرغوب فيه.

١٠/ تخلط مادة سد النواقص بعد ذلك بالمُصلد.

لتسهيل إزالة فقاقيع الهواء التي تدخل أثناء عملية التقليب، يتم وضع الكوب المحتوي على الراتنج فى إناء صغير يحتوي على الماء الساخن وذلك لعدة دقائق. ثم يصب الراتنج فى القالب مع الحرص على ترك متنفس حتى يتمكن الهواء، الذي مايزال موجود فيما بين جدران القالب، من الخروج.

١١/ بعد البلمرة التامة للراتنج، يُنزع قالب الشمع بسهولة، وذلك بإدخال نصل ملعقة الصيدلي (الفِرة) تحت إحدى حوافه، تُنظف زوائد الشمع بالكحول الأبيض حتى لا تصبح مادة سد النواقص قابلة للذوبان (صورة ١٥).

١٢/ الحافة العليا لمادة سد النواقص يتم تسويتها بالصقل. هذه العمليات يتم بالطبع تطويعها على حسب شكل الأرتفاكت، والنواقص: وضع الشمع لا يتم دائما باستخدام جدران مزدوجة ولكن يمكن عمله أيضاً بقالب بسيط، خارجي أو داخلي.

إن الشمع مادة مثيرة للإهتمام لكونه قليل التكلفة، سهل الإستعمال، وذو رجوعية كبيرة.

غير أنه يُظهر محدودية شديدة:

– فالشمع لا يأخذ إلا أشكالاً بسيطة نسبيا؛

– يؤدي تطبيقه على الزجاج الى ضغط وحرارة ناتجين عن الملعقة القابلة للتسخين، في حين أن بعض القطع الأثرية الضعيفة بشكل خاص لا قدرة لها على تحمل ذلك؛

- شمع الأسنان الذي نجده في الأسواق دائماً ملوناً، يُلزمنا بوضع شريحة حامية. فى حين أنه على الأشكال الشديدة التحدب أو التقعر لا تكون تلك التعاملات سهلة: فالكحول البولي ڤينيلى يلتصق يشكل ردئ، ويتراكم فى الفجوات مسببا تسييل يخل من المظهر النهائى للراتنج؛

-المقاسات الصغيرة لشرائح الشمع لا تسهل كذلك من استعمالها لملء الفجوات كبيرة المقاس، فنقوم إذاً بلحام تلك الشرائح فيما بينها، ولكن خط الوصل للوريقات يظهر عند صب الراتنج، مما سيستدعي القيام بصقل مُضني.





الصورتان ١٤ و١٥. ملء النواقص باستخدام تقنية شمع الأسنان (بلدية سان دونيه - الوحدة الأثرية).

تقنية السد المسماة «على المقاس» sur gabarit

تُستخدم هذه الطريقة للنواقص ذات المقاسات الكبيرة والتى لا يمكن صب الشكل الجانبي لها على الجزء المحفوظ من الزجاج، كما تستخدم أيضا لنسخ الأشكال المُغلقة، أو التى تحتوي على نقوش بارزة معينة (شكل ٨).

تقنية «على المقاس» ثبت أنها مثيرة للإهتمام لكونها الطريقة الوحيدة القابلة للتنفيذ لسد النواقص ذات المقاس الكبير أو لتنفيذ النقوش البارزة والتفاصيل الخاصة جدا.

قبل البدء فيها، يجب علينا أن نزن جيدا المخاطر التى قد تتعرض لها القطعة ونقدر ما إذا كانت صلبة بدرجة كافية لكي تتحمل كل تلك التعاملات.

ومن ناحية أخرى، فإن الإتيان بطينة رطبة ليُنحت منها الشكل المطلوب للسد يمكن أن يتسبب في إنفكاك قطع الزجاج التى تم تجميعها حديثا.

علاوة على أن التعاملات يجب أن تتم بشكل سريع لحد ما حتى نحد من إعادة ترطيب أو تراجع الطينة. هذا التراجع قد يتسبب فى سد للنواقص ولكن بنسب رديئة.

هذه الطريقة تتطلب استعمال السيلكون كقالب لسد النواقص. ويجب الحيطة عند اختيار هذا النوع من المواد والقيام باختبارات مُسبقة:

- لا يجب أن يلتصقوا بالزجاج (يحدث هذا عند استعمال السيلكون الناتج بالإضافة)؛
- لا يجب أن يعكروا الراتنج.

على سبيل الاستدلال: السيلاستيك Silastic J RTV (Dow Corning) والآر تي في ٥٨٥ RTV (Wacker)، اللذان يبدو أنهما لا يعكران راتنج البوليستر GTS (Vosschemie).

خواص راتنج سد النواقص الجيد

عند تشغيله، فإن الراتنج يجب عليه «بشكل مطلق» أن:

– يُظهر لزوجة ضعيفة لكي ينساب بسهولة فيما بين جدران القالب، حتى ولوكانت متقاربة جداً؛

– يكون متوافق مع الشحنات المعدنية charges minérales كالسيلكا الميكرونية silice micronisée حتى يمكن لنا الزيادة من لزوجته؛

– يمتزج مع الأكاسيد المعدنية، والصبغات العضوية لكي تتم صباغته على كامل كتلته؛

– لا يتفاعل مع المواد المُستعملة فى القالب التى سيُصب بشكل ملاصق لها؛

– يكون له توتر سطحي ضعيف؛

– يتبلمر عند درجة حرارة وضغط الغرفة (٢٠ درجة سلسيوز)، ويتم هذا تدريجيا: فالتصلب السريع جداً يُوقع فقاعات الهواء فى مصيدة الراتنج؛

– يكون له تراجع ضعيف؛

– يكون متوافق أيضا مع نفسه، فلا يتشقق عند صب طبقات متعددة منه، على فترات متباعدة بعدة أيام؛

– ألا يكون ساماً أو حتى ضعيف السمية حيال من يتعامل معه؛

– يكون ثمنه معقولاً.

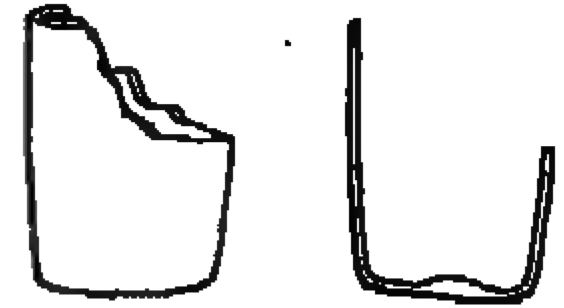
بعد البلمرة فإن الراتنج يجب أن:

– يكون عديم اللون، ذو معامل انكسار أقرب ما يكون إلى معامل انكسار الزجاج؛

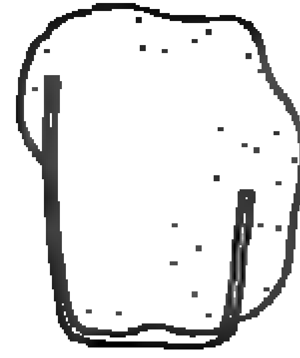
– يبقى مستقراً مع الزمن فى الوسط المحيط به (لا يصيبه الإصفرار مع الضوء أو الحرارة...)؛

– يكون متعادلاً كيميائيا، ولا يتفاعل مع الزجاج المطلوب معالجته؛

– يكون له درجة حرارة انتقالية للتزجج مرتفعة؛



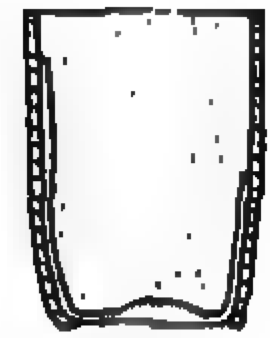
قطعة قبل الترميم، ينقص أكثر من النصف العلوي للأرتفاكت



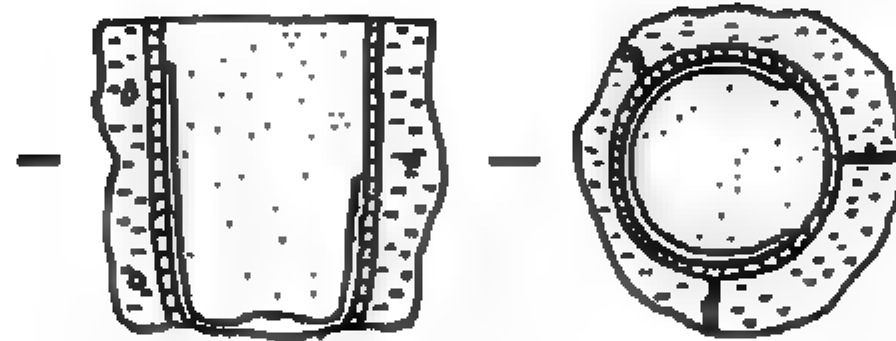
الكوب مملوء بالصلصال الناعم القابل للتشكيل، والذى سنحتفظ به مُندى بشكل بسيط



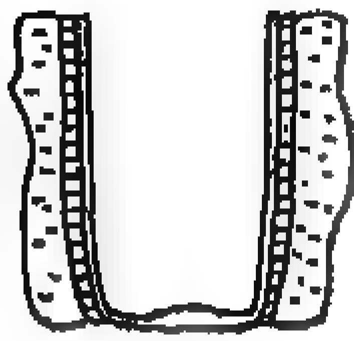
سيتم نحت الجبس على حسب الشكل الجانبي (بروفيل) الخارجي للقطعة. سيكون ارتفاعه أعلى من ارتفاع الكوب. تلك الحيلة ستسمح فى المستقبل بصب راتنج الملئ بكمية وافية.



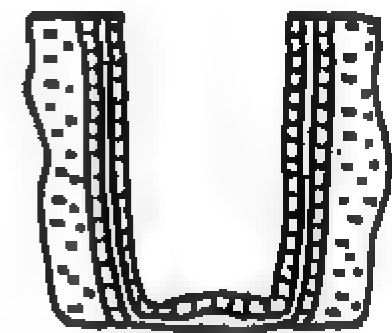
يتم احاطة الشكل الكلي بصبة سيلكون ناتج بالإضافة



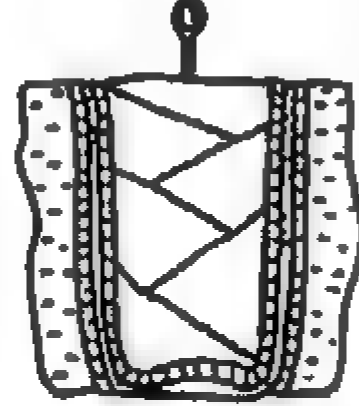
يتم احتواء الشكل الكلي بواسطة طليةمن الجبس مكونةمن ثلاثة شرائح، كل شريحة من قالب الجبس تكون معزولة بواسطة دهان لامع ومصقوبة بفتحات مفتاحية



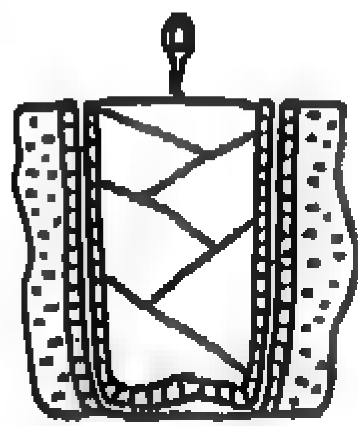
الجزء الداخلي من الكوب يتم تفريغه من الطين الذي كان يملئه ويبقى فقط سمك جدار الأرتفاكت محفوظ في الطين



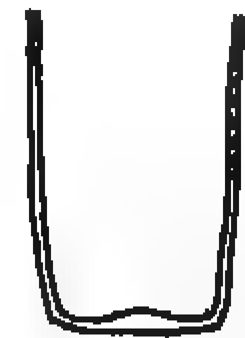
نصب قالب للجدران الداخليه باستخدام سيلكون ناتج بالإضافة



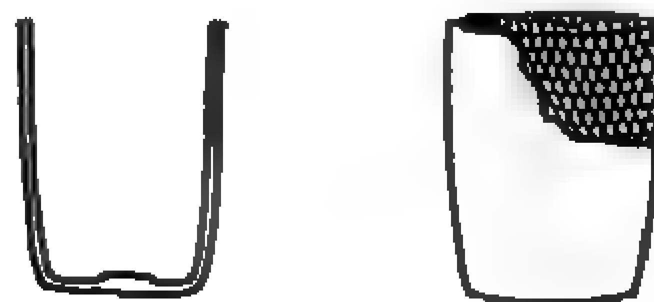
نقوم بتثبيت القالب الداخلي عن طريق دعامة من الجبس. ولكن حذار! يجب على الجبس أن يستبعد بسهولة، فهو سيكون مكون من عدة عناصر ذات زوايا مفتوحة. سنستعمل ماسك معدني لتسهيل الإمساك به



يتم استبعاد طلية الجبس والسيلكون وينظف الكل بشكل جيد. ثم يوضع السيلكون والجبس فى أماكنهما من جديد. سنقوم بصب الراتنج فى الفراغ الناتج عن استبعاد الطينة



يتم استبعاد كل القوالب المصبوبة؛ ويظهر الجزء المستكمل بالراتنج. غير أن الحافة العليا تكون عالية بدرجة كبيرة: يجب صنفرتها



القطعة بعد التدعيم: يأخذ الراتنج مكانه بالضبط في الجدار الزجاجي

زجاج — سيلكون — راتنج ملئ الفراغات
صلصال — جبس

شكل ٨. تقنية سد النواقص «على المقاس».

- يمتلك معامل تمدد حرارى قريب من معامل تمدد الزجاج؛
- يكون له تلاصق جيد مع الزجاج ومتوافق مع السيلانات silanes؛
- يكون صلباً، ومع ذلك أقل مقاومة من الزجاج نفسه، عند درجة حرارة الغرفة؛
- يتحمل أعمال الصقل والنقش؛
- يكون رجوعياً.

راتنجات سد الفراغات المتوفرة في الأسواق (أنظر التذكرتين رقمي ٦ و٧)

الراتنجات الأكريليكية

المنتجان الأكثر شيوعا فى الاستخدام (فى ألمانيا وبريطانيا) هما راتنجا تكنوفيت Technovit 4000 A وبلاستوجون plastogen G. وهما من البولي ميتيل ميتا أكريلات polyméthylméthacrylates التى تصاب بالإصفرار الشديد على مر الزمن (Tennent, 1984).

البلاستوجين G يكون له تراجع شديد عند الشك (من ١ الى ٢ م بالنسبة لـ ١ سم فراغ يراد ملؤه). علاوة على أن الخليط راتنج/مصلد يولد تفاعل طارد للحرارة شديد جدا: إذا أُخذنا سمك الراتنج المستعمل (أكثر من ٢مم)، فإن الحرارة المنبعثة تبعا لذلك يمكن أن تتسبب فى ذوبان شمع الصب فى القالب. من ناحية أخرى، فإن البلاستوجين يتبلمر سريعا جدا وليس من النادر أن نحصل على سد للنواقص مع وجود فقاقيع هواء غير مرغوب فيها. غير أن تماسكه العجيني - عند الشك - يُظهر أيضا بعض المنافع: فتلك اللزوجة العالية تسمح له بتكوين «قشرة جلدية» سهلة التشغيل. نصنع منه إذا شباك وضع أو أشكال سد خاصة لا يمكن تنفيذها بواسطة الراتنجات الأخرى.

الراتنجات الإيبوكسية résines époxydes (انظر باب اللصق)

هذه الراتنجات تكون قليلة الاستعمال نسبيا كمادة لسد النواقص. فهي مواد تكون صعبة الصقل بعد بلمرتها، ويصيبها الإصفرار عامةً أسرع من

راتنجات البوليستر. في حين أن لها تراجع أضعف من راتنجات البوليستر وتكون أقل حساسية للرطوبة وهي متوافقة مع العديد من المواد السيلكونية المستخدمة فى عمليات صب القوالب.

راتنجات البوليستر

هذه العائلة من المنتجات تُستعمل أساسا فى بريطانيا وأمريكا الشمالية. الأكثر شهرة هو راتنج جي تي إس «GTS» (Vosschemie) وسي-٣٢ C-32 (Canuts). وهما يقبلا التشغيل بسهولة عند استعمالهما (نحصل بسهولة على سد للنواقص بدون فقاقيع هواء) وكذلك بعد البلمرة. ولكنهما للأسف لا يكونا متوافقان إلا مع القليل من المواد السيلكونية المستخدمة في صب القوالب.

أما فيما يخص مظهر سد النواقص...

شُغل الصقل

لقد رأينا أن المظهر الناعم والبراق لراتنج سد النواقص يمكن أن يضطرب لعدة أسباب. ولذا فإنه من الضروري صقله. نبدأ بعمل تشذيب باستخدام أداة الصقل المحتوية على ناقل حركة مرن كالذي يستخدمه طبيب الأسنان (يدور بسرعة دوران تساوي تقريبا ١٥٠٠٠ لفة/ دقيقة). هذا الأخير يكون مزود بأحجار صقل (تجليخ) من اللِبْد (اللباد) أو الكاوتشوك أو القطن. لا يجب أن نستخدم أبدا أحجار صقل قد تهاجم الزجاج لأن المُرمم لا يكون أبدا بمنأى عن الإتيان بحركة لا إرادية تُعرض القطعة الأصلية للتجريح.

يمكن لنا أيضا أن نشتغل يدويا (حتى نتحكم جيدا فى حركتنا) مستخدمين أوراق صنفرة ذات درجات خشونة متعددة بدءاً من الأكثر خشونة ووصولا إلى الأكثر نعومة.

سنمزج الحركة الميكانيكية سواء لحجر الصقل أو لليد مع حركة حجر تجليخ مصنوع من العجينة ويتدرج من الناعم فالأنعم (تريبولي tripoli أو سلڤول أوتوسول «solvol autosol»). لكي نحصل على راتنج تام البريق، يتم التلميع في المرحلة النهائية ببودرة التلك وبالكحول ثم يدعك بقطعة قماش من الصوف.

قد يبدو أن شُغل التلميع يستغرق أحيانا وقت طويل، ولكنه إذا تم انجازه بشكل صحيح، فإن المُرمم يحصل على راتنج تام البريق تكون شفافيته في شفافية البلكسي جلاس.

طلاء السطح البراق (ڤرنيه) العديم اللون

حتى نحد من شغل الصقل ونبطئ من إصفرار الراتنج فإن الجزء الذى مُلئ يتم تغطيته بطلاء براق عديم اللون مثل:

- برالويد Paraloïd B72 المخفف بنسبة ٥٪ فى الكسيلان xylène أو التولويين toluène؛
- غشاء (فيلم) من البوليريتان polyuréthane مصقول بالتربولي tripoli (André, 1976).

تلوين الراتنجات

بالنسبة لبعض الزجاج الملون، سيكون تلوين الجزء الذى تم ملؤه جدير بالإهتمام. أكثر المواد شيوعا هى الآتية:

الألوان الشفافة

- بالنسبة للراتنجات الأكريليكية فإننا نستعمل الألوان المائية الشفافة مثل منتجات ديكا «Deka»؛
- بالنسبة لراتنجات البوليستر، فإننا نستعمل الألوان الشفافة ذات المذيبات العضوية مثل منتجات ڤيتراي آ فروا «Vitrail à froid» (Lefranc Bourgeois). بالنسبة للتطبيق السطحي، يمكن لنا أن نصنع ألوان خاصة

بنا باستعمال كمية ضئيلة من الصبغة ممزوجة بالبرالويد B72 بتركيز ٥٪ في الكزيلين xylène أوخليط من ثنائي أسيتون كحولي diacétone alcool وأستات الإثيل acétate d'éthyle، أو أن نستعمل الطلاء الممزوج بالڤرنية (Maimerle) أو الألوان المائية (أكواريل) المضاف إليها عامل شد نشط tensio-actif (انظر تذكرة رقم ٤).

الألوان المُعتمة

للحصول على سد ذو لون معتم، أو ذو تأثير خاص فإن مجموعة المواد القابلة للاستعمال تكون أكثر إتساعا. ونجد أنفسنا هنا إذا أمام مشكلة كتلك الخاصة بترميم الخزف المزخرف والخزف الصيني. سستعمل طلاء: أكريليكي، ڤينيلي، بولي يورتان، مسحوق معدني.

يجب أن نُبدى الكثير من الحيطة عند التعامل مع الألوان، لأن تركيب المنتجات الجاهزة للاستعمال (Deka, Vitrail à froid) لا يكون معروف بشكل كبير. علاوة على أن الراتنج المصبوغ يصيبه الإصفرار أسرع من الراتنج عديم اللون (Tennent, Townsend, 1984).

حتى نعادل هذا الميل للإصفرار، نضيف نقطة أزرق في الراتنج، وفي المقابل لكي «نطفيء» شدة لون ما، نضيف شعرة من اللون الأحمر فيه.

تلوين فى الكتلة

في هذه الحالة، فإن اللون يُخلط مباشرةً مع الراتنج. هذه التقنية تسمح بالحصول على سطح مصبوغ متجانس جدا. ولكن تكمن المشكلة فى التقدير الجيد للون: فيبدو اللون المُحضر في وعاء ما وكأنه داكن بشكل أكبر مما هو عليه على منطقة السد، لأننا ننظر إليه وهو موزع في الكتلة. ويكون من المناسب إذاً تحضير عينات، ذات سمك مقارب لسمك جدار الجسم المراد سد النواقص به، حتى نحصل على تقدير صحيح لشدة اللون. هذا العمل الطويل يتطلب دراية كبيرة.

تلوين على السطح

يمكن لنا أيضا تلوين سد عديم اللون باستخدام المرش (مسدس الرش) aérographe لعمل غشاء ملون على الوجه الخارجي أو الداخلي. وتبدو هذه الطريقة أسهل من سابقتها للأسباب الآتية:

– تقدير درجة اللون بشكل جيد تكون أيسر؛

– يكون لها ميزة سهولة الرجوعية.

في حين يكون مظهرها أقل تجانساً من ما يكون للتلوين في الكتلة.

عمل سطح كامد بالصنفرة

يصبح سطح الراتنج العديم اللون والشديد اللمعان، كامدا عن طريق رش كريات من أكسد الألومنيوم باستخدام المسفع الرملي المكروى micro-sableuse. هذا النوع من التدخلات يجب أن ينُفذ بكثير من الحيطة، على منطقة محصورة بشكل كامل، حتى لا نصنفر الزجاج نفسه. يعطى هذا الحل نتائج جمالية مقبولة جدا على سد للنواقص فى الزجاج الأثرى المتآكل.

لقد قمنا بعرض مطول للتقنيات التقليدية المتعارف عليها للترميم عن طريق سد النواقص بالراتنج، إلا أننا نراها غير مُرضية تماما:

– فهى تبدو في بعض الأحيان غير جمالية، وتنال من رهافة الزجاج؛

– التعاملات التى تاتي بها لا يمكن لجميع الأرتفاكت تحملها؛

– تكلفتها تكون عالية؛

– إستعمالها بشكل منتظم «للمخادعة» قد يكون أحياناً على النقيض من الإهتمامات الأثرية الحالية.

يجب أن ندرك أن حلول العرض تلك لا تُعتبر الوحيدة، فهناك بدائل أخرى ممكنة أيضاً.

بدائل عن سد النواقص

عرض على «فارشة» من الرمل (صورة ١٦)

يتم عرض القطعة على «فارشة» من الرمل النقي شديد النعومة (رمل فونتنبلو sable de Fontainebleau) وتام الجفاف (لكونه سبق تجفيفه في فرن قبل استعماله).

هذا النوع من الدعائم لا يسمح بالطبع بإعادة تكوين الشكل الكامل للأرتفاكت، فهو ببساطة يحافظ عليه فقط في مكانه، بدون أن يتعرض لتعاملات عدوانية شديدة.

غير أنه عند اللزوم يمكن لهذا النوع أن يقتضي عمل إتصال. للأجزاء المختلفة غير المرتبطة ببعضها البعض من أجل تكوين وضع ما.



صورة ١٦ . عرض على «فارشة» من الرمل (بلدية سان دونيه - الوحدة الأثرية)، دولاب عرض زجاجي لأدوات زجاجية من العصور الوسطى والعصور ما بعد الوسطى.

عرض على «فورمة» من الزجاج (Jackson, 1984)

هذه الطريقة تتلخص في وضع كسور لقطعة ما على قاعدة من الزجاج.

– وهذه القاعدة قد تكون بسيطة جدا: الورشة البلدية في ڤيين Vienne قامت بشكل ذكي باستخدام لمبة كهربية ملونة ذات مقاس كبير كقاعدة متوسطة؛

– يمكن أيضا أن تكون أكثر تعقيدا إذا كانت الخطوط المنحنية للجسم المراد عرضه معقدة: يجب إذا أن يتم تشكيل القاعدة الزجاجية بالنفخ في الزجاج على حسب الشكل الجانبى (بروفيل) الداخلي للأرتفاكت، قطع الزجاج المتكسرة سيتم تثبيتها بواسطة بضع نقاط من اللاصق.

هذه الطريقة، الجمالية جداً، لا تشوه من طبيعة المادة المعروضة، غير أنها ليست سهلة التطبيق لأنه يتحتم أن يقوم بها شخص مؤهل. علاوة على أن وضع التركيبة زجاج/قاعدة في مكانها والتعامل معها بعد ذلك يكون معقداً.

قاعدة من الزجاج العضوي

الزجاج العضوي هو مادة تخليقية، من أكثرها شيوعا فى الاستعمال البلكسي جلاس plexiglass أو البرسبكس Perspex (polyméthylméthacrylate) ومتعدد الكربونات (بولي كربونات) polycarbonate.

أشكال القواعد تكون متعددة ومختلفة. وعلى المرمم إيجاد طريقة العرض الأكثر ملاءمة لكل حالة يتعامل معها.

غير أنه يلزم دائما احترام بعض القواعد:

– يستخدم المرمم مواد خاملة: إذا استعملنا ورقة من البلكسي جلاس قبل نضوجها فقد يكون لها انبعاث سام (Hodges, 1982)؛

– تكون القاعدة صلبة ويُعتمد عليها بشكل حتمي، علاوة على أنه يمكن أن يكون لها مظهر جميل؛

– تكون القاعدة خاصة بالجسم الذي صممت من أجله وتحمل نفس الرقم الذي يحمله الأرتفاكت؛

– يمكن تركيبها وفكها بسهولة، ليس فقط بواسطة المرمم ولكن أيضا عن طريق أي شخص يكون فى موضع التعامل مع الزجاج، عند الحاجة يمكن إرفاق كتيب إرشادات التجميع معها.

بغض النظر عن نظام العرض المزمع القيام به، فإن القاعدة يجب أن تُعتبر طريقة ترميم تامة الكمال، تفي بالغرض تماما لعمل سد للنواقص بواسطة الراتنج. ويُرحب بكل الأفكار، بشرط أن تحترم القواعد الأساسية للترميم الجيد للأرتفاكت.

بغض النظر عن طريقة سد الفراغات والإتجاه الجمالي المختار فإن القاعدة يجب أن تكون نتاج لحل وسط فيما بين الضغوط المفروضة على المرمم وتطلعات المسئول عن القطعة.

على الأمد الطويل

سنكتفي هنا بالإشارة الى بعض القواعد الأساسية للمحافظة على الزجاج (انظر باب عشرة).

التحكم فى البيئة المحيطة

يُحفظ الزجاج فى درجة حرارة من ١٨ إلى ٢٠ درجة سلسيوز تحت شدة إضاءة أقل أو تساوي ١٥٠ لوكس. الأشعة فوق البنفسجية U.V. القصوى على الزجاج المؤكسد ضوئيا photo-oxydé تكون ٧٥ ميكرووات / لومني. بشكل عام، فإن الزجاج يُحفظ فيما بين ٤٥ و٥٠٪ رطوبة نسبية أما الزجاج الذي «يعرق» فيحفظ في أقل من ٤٢٪.

بعض القواعد المفروض إحترامها عند التعامل والتخزين

نُذكِر بحقيقة واقعة: أن الزجاج هو مادة هشة يجب التعامل معها بكثير من الحرص حتى نتجنب أي خطر للكسر.

فيجب علينا:

– نقل قطعة واحدة فقط في المرة الواحدة؛
– حمله من قاعدته وليس من المقبض (أو من العروة للإبريق)؛
– التعامل معه بأيد خالية من الدهون أو باستخدام قفاز؛
– تخزينه على أرفف تامة الاستواء والثبات؛
– الأدراج أو أماكن التخزين المتحركة على عجل يجب الابتعاد عنها بسبب الاهتزازات التى تحدثها. أما أكياس الشقفات، فإنه لا يجب تكويمها أو رصها بشكل مبالغ فيه.

الختام

على الرغم من بقاء الكثير من المشاكل بدون حل، فإن التطور الحالي لحفظ وترميم الزجاج الأثري، قد سمح ومازال فى مقدوره أن يسمح بالمحافظة على الكثير من القطع والمعلومات الأثرية المرتبطة بها، بشرط أن نكرس له ما يلزم من وقت وإمكانات.

الباب الخامس

المعادن الأثرية

ريچيس برتولون، كارولين رولييه

تُعتبر الآثار المعدنية، من بين جميع القطع الأثرية، هي الأكثر صعوبة في التعامل معها أثناء الحفريات. ولاتكمن المشكلة في كيفية التعرف على المعادن، حيث أننا نتمكن من التعرف عليها بسهولة في أغلب الأحيان، عن طريق الوانها وحالتها الصلبة. بالرغم من ذلك، فإن بقاء المعادن داخل الأرض يغير من شكلها ووزنها وأبعادها وهذا يمنع تشخيصها بدقة عند الكشف عنها. مع بداية القرن التاسع عشر حاول الآثاريون والكيميائيون تحديد الشكل الأصلي للجسم المعدني تحت الطبقات المتآكلة، ومن هذا المنطلق استطاعوا تحديد هويته. وقد تم تدقيق الطرق والتقنيات (التقانات، التكنولوچيات) الخاصة بهذا الغرض، مع تطويرها وتغذيتها من نتاج التطور الصناعي.

واليوم أيضاً، ومع كون حفظ وترميم الآثار تمكننا غالباً من إعادة إيجاد معنى للقطع المعدنية شديدة التآكل، فإن الكثير من الأسئلة يبقى على الرغم من ذلك بدون جواب. وفي هذا الباب الذي هو ثمرة لتجربتنا الذاتية مع الأبحاث الحديثة، فإننا لا ندعي مطلقاً التغطية الشاملة أو إيجاد الحلول المثالية، بل إن هدفنا هو بالأحرى تقديم منهاج يُعبر عن إزدواجية طبيعة الأثر، من حيث كونه يمثل أصلاً مادة في الغالب شديدة التغيير، وفي نفس الوقت يُعتبر كمرجع.

في هذا الإطار تراءى لنا أهمية توضيح الطبيعة الفيزيوكيميائية للمادة وكذلك الظواهر الأساسية التي تغير من طبيعة تلك المادة. للتوصل إلى ذلك، كان من الضروري توليف عدد معين من النقاط شديدة التعقيد. ولهذا فنحن نرجو القارئ المستنير أن يتقبل عذرنا في عدم الدقة وعدم الإحكام المحتمل تواجدهما في مثل هذا النوع من الأعمال. وتسمح لنا المنهجية المتبعة باختيار واعٍ لأساليب الحفظ والترميم التي يمكن تطبيقها بدلالة الطبيعة المعقدة للآثار وحالة حفظ الأثر إلى جانب ما يتاح لنا من التقنيات الموجودة.

المعدن

عُرف المعدن في الغرب منذ أكثر من أربعة آلاف سنة، وهو يُعتبر جزءاً من بيئتنا اليومية. والتعرف على المعدن يسير، ويرتكز على مجموعة من الخصائص الفيزيائية والميكانيكية، سوف نُذكر بها في الجدول رقم ١.

إن خصوصية الجسم المعدني تكون مرتبطة بخصائصه، وعلى ذلك فإن فهم طريقة صناعته ووظائفه واستعمالاته، يعتمد بشكل وثيق على معرفة المادة التي تم تصنيعه منها. بالإضافة لكل الخصائص الفيزيائية والميكانيكية المشتركة فيما بين كل المعادن النقية والسبائك، تأتي الخصائص الكيميائية الخاصة بكل عنصر معدني على حدى، وهي في الغالب تكون معروفة بشكل أقل. ويتضح لنا، أن طرق التآكل التي تؤدي إلى تكون المعدن الأثري تعتمد على كل تلك الخصائص. سنتطرق تباعاً إلى الرابط المعدني liaison métallique الذي يجمع بين الذرات، ثم إلى البنية البلورية structure cristalline الناتجة عن ترتيب الذرات، وأخيراً إلى البنية الفلزية structure métallurgique الناتجة عن الوضع النسبي للبلورات فيما بينها.

الرابط الفلزي

لكي نَعي ماهية المعدن، يجب بدايةً أن نفرق فيما بين معنيين مزدوجين لهذه الكلمة: أولهما عملي مرتبط بالمعادن النقية والسبائك، وثانيهما كيميائي مرتبط بالعناصر الفلزية بشكل أكثر تحديداً.

نَود أن نُذكِر هنا أن العناصر تنقسم إلى عناصر فلزية وعناصر لافلزية، وكل منها يقابله بناء إلكتروني مختلف يختص بخواص كيميائية معينة (جدول رقم ١). بخلاف النحاس، نجد ضمن العناصر الفلزية ما يلي: الحديد، الفضة، القصدير، الذهب، الرصاص وكذلك الصوديوم، البوتاسيوم، الكالسيوم، إلخ...، ومن ضمن العناصر اللافلزية نعدد الكربون، الأكسوجين، الكلور، إلخ....

قبل أن نتطرق إلى الرابط الفلزي نُذكر أن الذرة مكونة من (نيوترونات + بروتونات)، وتدور حولها إلكترونات سالبة الشحنة على مدارات تمثل مستويات مختلفة للطاقة. الإلكترونات الموجودة على آخر مدار تسمى إلكترونات التكافؤ وتكون مرتبطة بروابط ضعيفة بالنواة، وهي تؤثر كذلك على الروابط فيما بين الذرات. عدد هذه الإلكترونات ووضعها على المدرات الإلكترونية يكونان في الغالب مسئولين عن الخواص الكيميائية للذرة. وفي هذا الصدد نُذكر أن ذرات العناصر الفلزية يكون لها خاصيتان معينتان هما:

- المدار الخارجي لا يحتوي إلا على عدد قليل من إلكترونات التكافؤ (من واحد إلى أربعة)؛
- هذا المدار بعيد نسبياً عن النواة، ولهذا فإن ارتباط إلكترونات التكافؤ بها يكون ضعيفاً وعلى هذا تكون الذرات الفلزية قادرة على الترابط مع بعضها أو مع ذرات غير فلزية عن طريق روابط كيميائية معقدة.

خواص المعدن (بالمعنى الدارج الذي يشمل الفلزات والسبائك) تأتي عن طريق رابط كيميائي خاص بين الذرات: وهو الرابط الفلزي.

يمكن لهذا الرابط الفلزي جمع ذرات مختلفة من فلزين مختلفين مثل النحاس والقصدير (البرونز)، أو فلز مع لافلز مثل الحديد والكربون (في الصلب والحديد الزهر)، وسندرج هذا إذا تحت مسمى: السبائك المعدنية alliages métalliques.

إن خصائص السبائك المعدنية الناتجة تختلف اختلافاً طفيفاً على حسب طبيعة ونسب مكوناتها، وحتي الضئيل منها (بتركيز أقل من ٢٪)؛ هذه الخصائص تختلف اختلافاً جذرياً عن خصائص الفلز النقي وبالأخص فيما يتعلق بالصفات الميكانيكية والفيزيائية لها وقابليتها للتعرض للتآكل، (Scott, 1983).

عندما تتقارب أكثر من ذرة مع بعضها البعض، فإن إلكترونات التكافؤ لكل منها تكون تحت تأثير المجالات الإلكتروستاتيكية للذرات المجاورة. يترتب على ذلك، أن إلكترونات التكافؤ لا تكون مرتبطة بذرة بذاتها ولكنها تستطيع التنقل من ذرة إلى أخرى. فبسبب الحركية الشديدة لتلك الإلكترونات يسمى الرابط الفلزي «غير محصور» délocalisé؛ ويكون هذا بالمقارنة بروابط من نوع آخر، كالرابط الأيوني مثلاً. نستطيع تصوير هذه الصلة الفلزية على هيئة سحابة إلكترونية تكون الأيونات مغمورة فيها.

يكون ترابط مجموعة الذرات المتعادلة كلياً (أيونات + إلكترونات) مؤكداً عن طريق القوى الإستاتيكية (شكل ١-١). سنتمكن عن طريق هذا النموذج للرابط الفلزي من تفسير بعض خصائص المعادن التي سيأتي ذكرها لاحقاً.

الخواص الفيزائية	الخواص الميكانيكية	الخواص الكيميائية
(للفلزات والسبائك)	(للفلزات والسبائك)	(للمعناصر الفلزية)
تكون صلبة عند درجة حرارة الغرفة (فيما عدا الزئبق)	لها لدونة عالية	تكون لها كهربية موجبة
لها هبة البريق الخاص «البريق المعدني»	تقاوم التشكيل الميكانيكي	تكون لها على الأقل أكسيد قاعدي واحد
جيدة التوصيل حرارياً وكهربياً		تتاين لتعطي إلكترونات
تكون معتمة عند السمك الضئيل (في حدود الميكرون)		تمتلك على الأقل أكسيد قاعدي واحد

جدول ١. خواص المعادن.

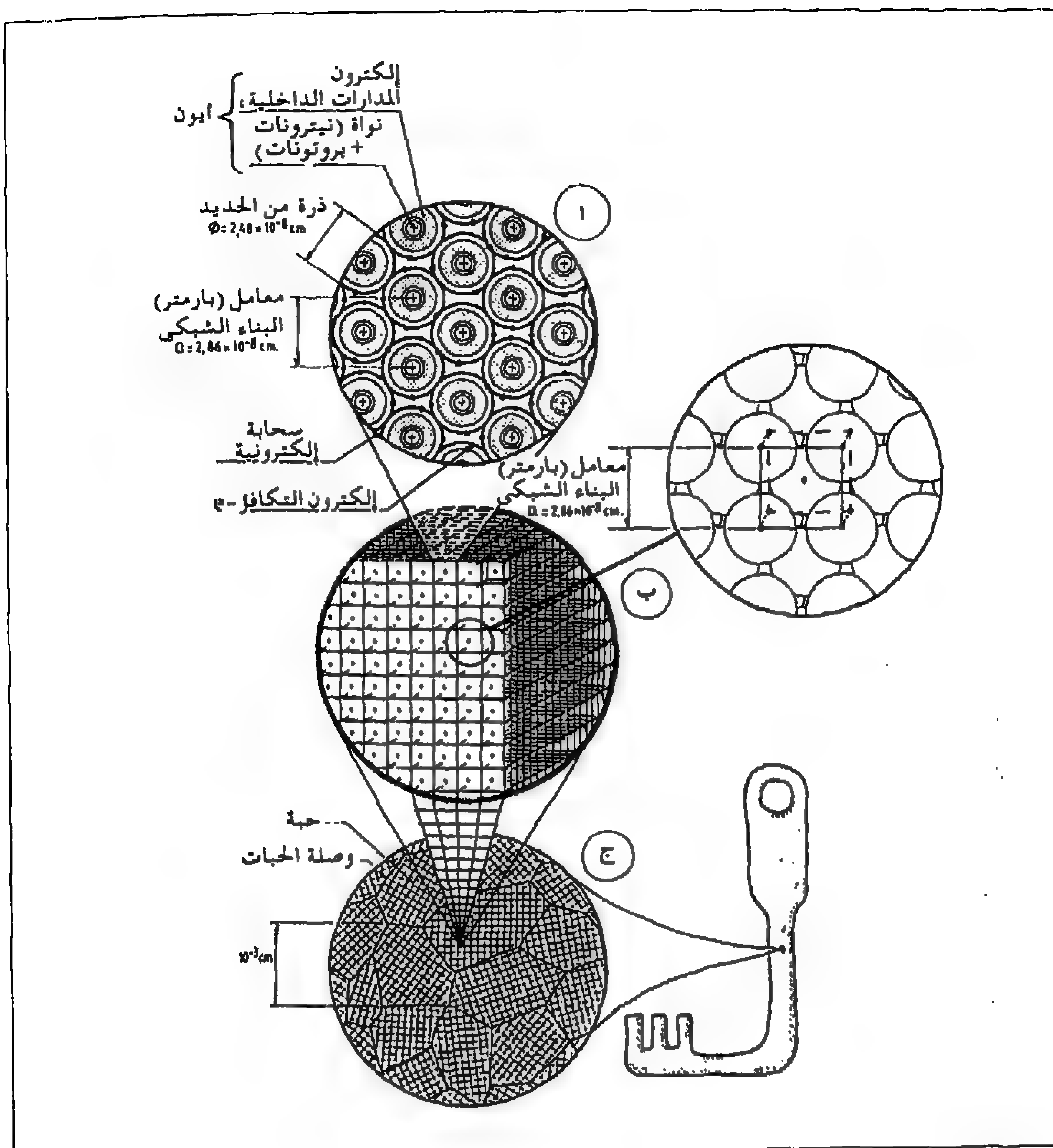
تنشأ الُموصّلية الكهربية نتيجة قدرة السحابة الإلكترونية على الحركة في إتجاه القطب الموجب تحت تأثير فرق الجهد (Péguin, 1970, p. 18). تكون هذه الخاصية شديدة الأهمية لأنها تسمح بعملية التآكل الإلكتروكيميائي (راجع التآكل). ويحد من المُوصّلية الكهربية تذبذب الأيونات الموجبة في حركتها حول عُقد البنية البلورية. هذا التذبذب يتنامى مع الإضطراب الحراري ويؤدي ذلك إلى تناقص الموصلية مع ارتفاع درجة الحرارة وتعتبر هذه الخاصية من أكثر الخواص خصوصية للرابط الفلزي.

المُوصّلية الحرارية تنشأ أيضاً من حركية السحابة الإلكترونية، وتنتقل الزيادة في إضطراب الأيونات الناتجة عن ارتفاع درجة الحرارة إلى الإلكترونات اللائي يقمن بدورهن في توصيل هذا الاضطراب إلى الأيونات الموجودة في الأماكن الباردة وبهذا ينتشر الفيض الحراري، (Fimtm, 1981, p. 19).

اللدونة هي الأخرى يكون سببها حركية الإلكترونات، فتنزلق المدارات الذرية الواحدة بالنسبة للأخرى بغض النظر عن إتجاه الإجهاد. هذا الانتقال النسبي يؤدي إلى إعادة توزيع السحابة الإلكترونية المسئولة عن الروابط بين الذرات، وبهذا نتحاشى الإنفصام بين الذرات (Péguin, 1970, p. 18).

هذه الخصائص تمثل معالم خاصة بالمعادن تميزها عن باقي الأجسام البلورية الصلبة مثل نواتج التآكل التي تنحدر خواصها جزئياً من الرابط الأيوني.

الرابط الأيوني: لا يقام إلا بين الفلز واللافلز، مثلاً هيدروكربونات النحاس $Cu_2(OH)_2CO_3$ (الملاخيت)، أكسيد الحديد Fe_2O_3، أو كلوريد الصوديوم $NaCl$، (جدول ٣). إن الذرة الموجبة الشحنة للفلز تعطي إلكترون أو أكثر للذرة السالبة الشحنة للافلز، في هذة الحالة فإن قوى الترابط تكون ناتجة عن التجاذب الإلكتروستاتيكي بين هذه الأيونات المتضادة الشحنة. وقد يؤدي التحرك النسبي للذرات إلى وضع تكون فيه الأيونات المتكافئة الإشارة وجهاً لوجه مع بعضها: يحدث عندئذٍ تنافر وانكسار للبلورة. هذا الرابط لا يسمح إذاً بلدونة المادة. من هذا نستطيع أن نفهم الفروق الكبيرة بين تصرف الفلز وتصرف نواتج التآكل الخاصة به.



شكل ١. ثلاث مستويات لترتيب المعدن (مثال: الحديد) أ. الرابط الفلزي، ب. البنية البلورية، ج. البنية الميتالوجرافية.

البنية البلورية للفلز

رأينا فيما سبق أن إلكترونات المدارات الخارجية وهي الأكثر حركية، تنتقل بين الأيونات الفلزية. هذه الأيونات لا تتوزع عشوائياً بل تنتظم في الفراغ وتُكون بنية بلورية (شكل ١– ب).

يتمتع الفلز بخاصية البنية البلورية structure cristalline.

والبنية البلورية الأكثر مصادفةً ضمن الفلزات النقية هي:

– البنية المكعبة المركزية cubique centré (CC)؛

– البنية المكعبة ذات الأوجه المركزية cubique à faces centrées (CfC)؛

– البنية السداسية المُدمجة hexagonal compact (HC).

لوأخذنا الحديد مثلاً، فإنه يتبلور في بنية مكعبة مركزية. أي تتواجد الذرات في كل من قمم ومركز المكعب (شكل ١)، كل الذرات تأخذ موضعها على حسب هذه «الشبكة البلورية» المتكررة في الأبعاد الثلاثة.

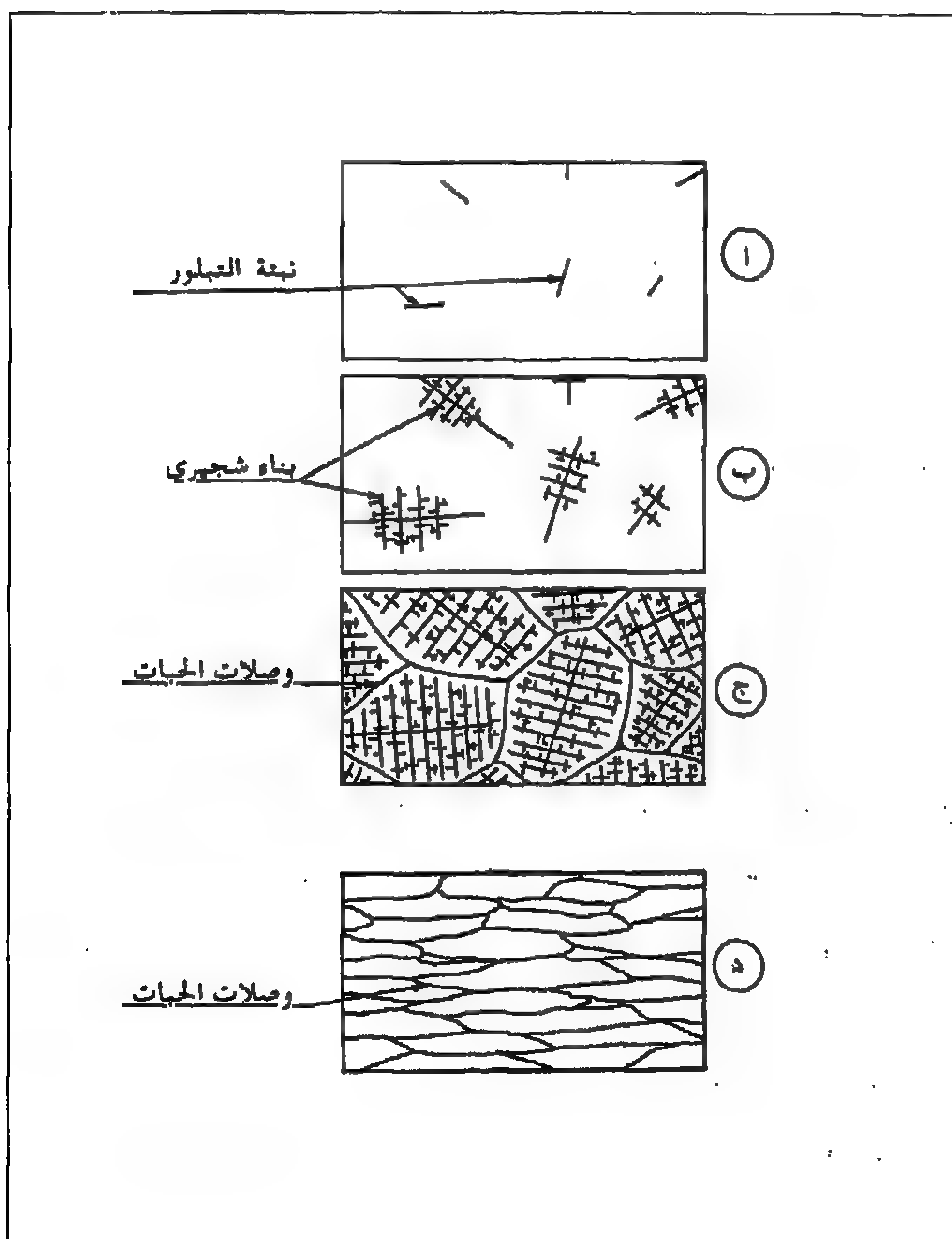
هذه البنية لها أهمية كبرى في تحديد خواص المعادن والسبائك ويمكن أن يكون لها تأثير على لدونة المعدن: مثلاً، البنية السداسية المنضغطة تقلل من إمكانية حدوث تشوهات للدونة، وهذا راجع إلى قلة مستويات الإنزلاق المتمثلة في هذه البنية.

في الواقع، لا يكون هذا الترتيب أبداً تاماً. بل يشتمل على عيوب كثيرة (ذرات ناقصة، ذرات مضافة، انخلاع ناتج عن إقحام صف من الذرات الإضافية). هذه العيوب تلعب دوراً هاماً في آلية تشوه المعدن.

البنية الفلزية

للمعدن تلك البنية البلورية في الحالة الصلبة. وهي تتكون إما أثناء تصلد المعدن (السباكة)، أو عند إعادة البلورة في الحالة الصلبة (إعادة تحمية) أو أثناء التغيير التآصلي.

أثناء التصلد، يتم النمو البلوري في داخل المعدن السائل بدءاً من نبتة (أول جزء صلب يتكون عن طريق تراكم بعض الذرات، شكل ٢ - ا)، ويؤدي تراكم الذرات إلى تكوين بنية تسمى البنية الشجرية dendrite بسبب تناظر شكلها مع شكل الشجرة. ومع كثرة النبتات وإتجاهاتها الأولية العشوائية تكثر توجهات البلورات الشجرية مما يؤدي إلى اختلاف توجهات البلورات الواحدة بالنسبة للأخرى.



شكل ٢. تصلد المعدن.

عندما تكتمل الصلادة تصبح البلورات متراصة ويكون لكل واحدة منها شكل كشكل الحبة وسنطلق على الحدود بين البلورات المختلفة أو بين حبات المعدن إسم: روابط الحبات Joints de grains (Bensimon, 1975, p. 25; Péguin, 1970, p. 11). وتمثل روابط الحبات مناطق شديدة التباين (وجود شوائب، وجود عديد من العيوب البلورية، إلخ...) وهي تتسبب في تآكل معين: التآكل البين حبيبي Intergranulaire.

يكون المعدن متعدد البلورات polycristallin، وهومكون من ركام من البلورات كل واحدة لها إتجاه مختلف (حبات). يعتمد مقاس وشكل حبات المعدن على عوامل كثيرة نذكر منها:

– تركيب المعدن أو السبيكة؛

– التأثيرات الميكانيكية والحرارية التي يتعرض لها المعدن.

في الحالات البسيطة جداً (معادن نقية أو سبائك معينة) فإن كل الحبات يكون لها نفس التركيب، ولا يوجد سوى طور واحد: يسمى المعدن وحيد الطور (كما هو الحال في شكل ١). غير أنه، على حسب تركيبة السبيكة، يمكن أن يوجد طوراً واحداً أو عدة أطوار ويعني هذا وجود مجموعات متعددة من الحبات يكون لها تركيبات مختلفة (Bensimon, 1970, p. 25). السبيكة تكون إذاً متعددة الأطوار polyphasé، وكل مجموعة حبات، من نفس التركيب، تشكل طوراً محدداً.

إن المعاملات الحرارية (تسخين، غمر للتقسية، تصليد، إلخ...)، أو المعاملات الميكانيكية (طرق، برد، شكل ٢ – د، إلخ...) لهم تأثير على البنية الفلزية للمعدن، أي على مقاس وإتجاه وشكل الحبات. (Benard *et al.*, 1984).

إن دراسة تلك البنية عن طريق اختبار ميتالوجرافي يوضح لنا أحياناً الطُرق التي إستخدمت لتحضير المعدن أو القطعة المعدنية، والمعاملات الحرارية التي تعرضا لها (Salin, 1975, p. 58) وتكون البنية الفلزية للمعدن إذاً جزءاً مكملاً للمعلومات الأثرية.

وحتى نتجنب فقد هذه المعلومات يلزمنا توخي الحذر في حالة التسخين المحتمل للجسم المعدني فقد يعرضه ذلك لتعديل في تلك البنية. من الصعب إعطاء توجيهات فيما يخص درجات الحرارة، فالتغييرات في البنية الفلزية تعتمد على تركيب المعدن الأصلي (التطريق مع التسخين مثلاً)، وعلى درجات الحرارة التي يصل إليها المعدن، وعلى سرعة وزمن تسخينه. من الناحية العملية، بالنسبة للنحاس والحديد لا ينتظر حدوث تغير ملحوظ في تركيب المعدن بالتسخين لفترات طويلة تحت درجة حرارة ١٠٠ درجة سيلسيوز تقريباً.

أبرز المعادن النقية والسبائك التي نقابلها في علم الآثار

في نهاية هذا العرض المختصر عن المعادن، يتراءى لنا أهمية تقديم دراسة زمنية لاستخدامات المعادن في غرب أوروبا (جدول ٢). فيما عدا ما يتعلق باستخداماتها على حالتها الطبيعية، فالتواريخ تستند إلى الاستعمال العادي للمعادن في صنع القطع والأدوات وليس إلى مجرد ظهور المعادن في الإطار الأثري الذي سنشير إليه أحياناً بين قوسين.

إن ظهور معدن ما ليس له تاريخياً نفس مدلول استعماله بشكل عادي أو إنتاجه. فذلك يمكن أن يكون مصاحباً لتغيرات اقتصادية أو اجتماعية، كحالة الحديد الذي ظهر في عصر أطلق عليه اسم (العصر الحديدي الأول) ولكن لم يعمم استخدامه إلا في العصر الحديدي الثاني.

إن مفهومي المعدن النقي والسبيكة ليس لهما دائماً نفس المعنى التاريخي. فالإنتاج الإرادي للمعادن النقية (عن طريق التنقية affinage) لم يظهر إلا متأخراً في تاريخ التعدين (Maréchal, 1983, p. 28). كذلك فإن بعض السبائك قد تنتج من تكوين الخام أو عن طريقة تحضير المعدن، وهي وإن كانت معترف بها ومطلوبة فإنها لا تعكس نفس القدر من المعلومات التي تحملها السبائك التي قُصد تحضيرها.

فهذه الأخيرة، قد يمكن أن تكون تم إنتاجها صناعياً؛ على الرغم من أن المعارف النظرية كانت حينذاك تقريبية جدا: كما هو الحال للصلب الذي إعتُبر حتي القرن الثامن عشر أكثر نقاوةً من الحديد. (France-Lanord, 1983). وأخيراً، فالإنتاج المقصود لسبيكة ما لا يعني بالضرورة إنتاجاً صريحاً للمعادن المكونة لها، فالسبائك قد يتم الحصول عليها بدءاً من خليط من الخامات أو عن طريق معاملات خاصة مثل السمنتية cémentation (للنحاس الأصفر مثلاً).

في الجدول الآتي قمنا بالأخذ بمفهوم السبائك التي عُملت بشكل مقصود، أما السبائك التي تمت بشكل غير مقصود فقد أدرجناها ضمن المعادن النقية.

التواريخ التقريبية من بداية الاستعمال المتكرر في صناعة القطع في أوربا الغربية، أنظر في هذا الصدد: Daumas, 1962; Tylecote, 1962, 1984, 1987; Forbes, 1966, 1971, 1972; Eluère, 1982; France-Lanord, 1983; Maréchal, 1983.

المعدن	تاريخ ظهوره
إستخدام المعادن في الحالة الأولية	
الذهب (معدن نقي) والإلكتروم (سبيكة طبيعية من الذهب والفضة)	نهاية العصر الحجري الحديث
النحاس الأولى (معدن نقي)	بداية الألف الثالثة قبل الميلاد
التعدين لغرض التحضير	
نحاس (معدن نقي)	نهاية الألف الثالثة قبل الميلاد
سبيكة نحاس وزرنيخ	القرن التاسع عشر قبل الميلاد
برونز (سبيكة مكونة أساساً من النحاس والقصدير)	القرن السادس عشر قبل الميلاد
برونز بالرصاص (سبيكة من النحاس والقصدير والرصاص ثم من النحاس والرصاص)	القرن الثاني عشر قبل الميلاد

المعدن	تاريخ ظهوره
نحاس اصفر Laitons (سبيكة مكونة أساساً من النحاس والزنك)	القرن الأول قبل الميلاد
نحاس وزنك ورصاص	القرن الثاني بعد الميلاد
فضة (معدن نقي)	القرن الثالث أو الرابع قبل الميلاد (بداية الظهور في القرن الثانى عشر قبل الميلاد)
حديد (معدن نقي) وصلب (سبيكة حديد وكربون)	القرن الخامس قبل الميلاد (بداية الظهور في القرن الثامن قبل الميلاد)
رصاص (معدن نقي)	القرن الثاني قبل الميلاد
قصدير (معدن نقي)	القرن الثاني أو الثالث بعد الميلاد (بداية الظهور في القرن الخامس عشر قبل الميلاد)
حديد زهر (سبيكة من الحديد والكربون واكثر غنى بالكربون)	القرن الرابع عشر بعد الميلاد
الزنك (الخارصين) (معدن نقي)	القرن الثامن عشر بعد الميلاد (ورد في القرن السابع عشر بعد الميلاد)
أنتيمون	ظهر في القرن الثامن عشر بعد الميلاد
البلاتين (معدن نقي)	بداية القرن التاسع عشر بعد الميلاد
الإلومنيوم (معدن نقي)	نهاية القرن التاسع عشر بعد الميلاد

جدول ٢. المعادن النقية الاساسية والسبائك.

التآكل

التآكل، طبقة الأكسيد، نواتج التآكل، التمعدن حتى القلب، كلمات كثيرة عادةً ما تُذكر عندما يتعلق الأمر بدراسة أو حفظ قطعة معدنية.

هذه الكلمات كثيراً ما تُستعمل للإشارة إلى التحول في المادة الذي يكون ظاهرا بجلاء وقت التنقيب والكشف عن الأثر. فعلى حين أن الطرق التي قادت إلي هذا التحول تظل غالباً غير معروفة (Richey, 1982)، يكون من المسلم به أن نفهم التآكل والظواهر العديدة المصاحبة له والتي غالباً ما تكون بالفعل ذات طبيعة معقدة، ولا يمكن التغاضي عنها عندما يتعلق الأمر بتطبيق معالجات الحفظ من تنظيف واستقرارية.

حياة القطعة المعدنية

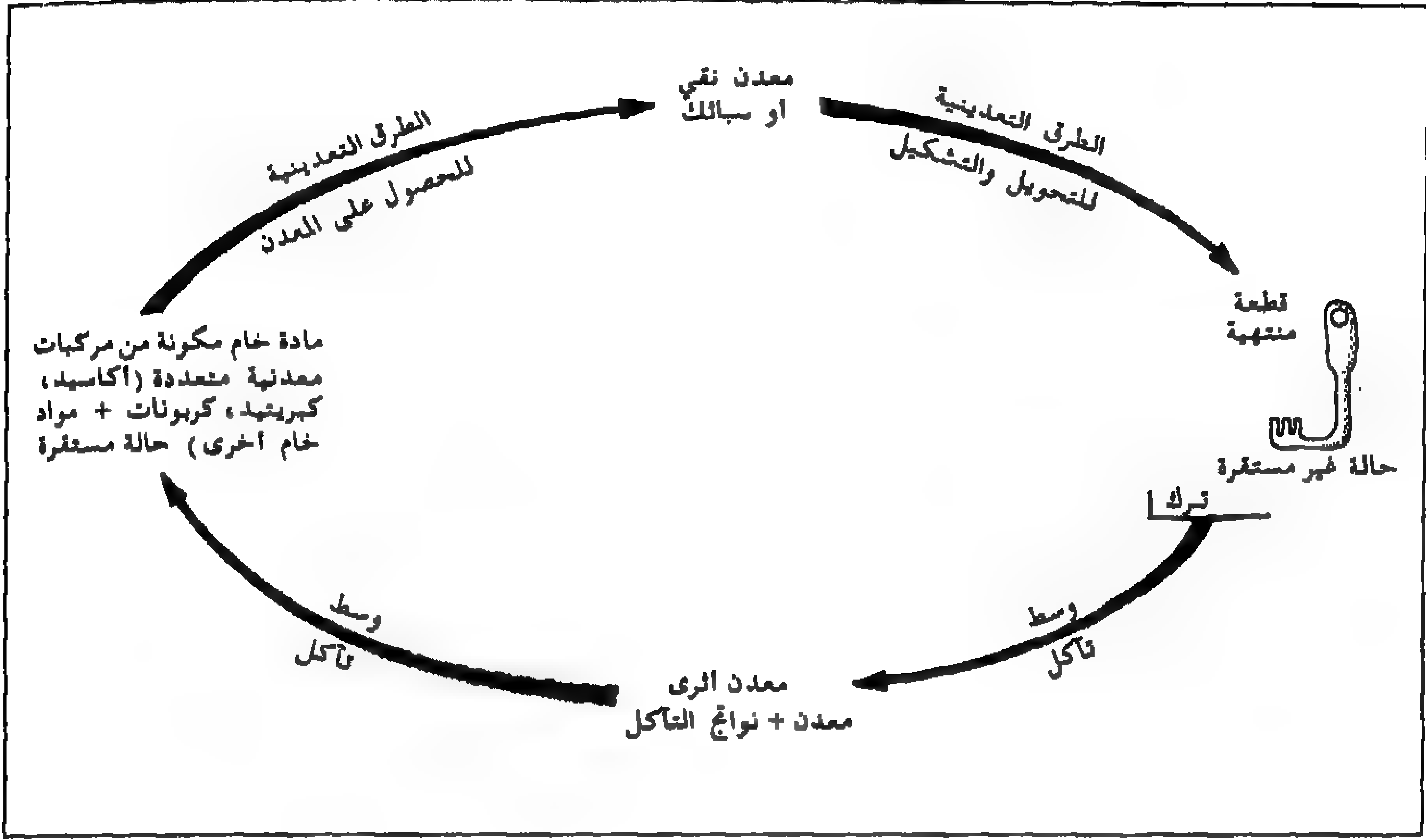
قبل أن نُفصل هذه العمليات، سنستند إلى (شكل ٣) الذي يرنو إلى تلخيص حياة القطعة المعدنية.

ينتج المعدن من الخام (خليط من المركبات المعدنية) عن طريق عمليات تعدينية (Hodges, 1981; Fluzin, 1983). تحول الخام لمعدن هو تفاعل كيميائي يتطلب جلب طاقة كبيرة تكون عادة على هيئة حرارة. من بداية إعداده يتعرض المعدن إلى التآكل، ثم بعد التصنيع تكون القطعة معرضة لتأثير الوسط الجوي، مع عدم تجاهل التغييرات التي تنتج عن الإستعمال.

مما لا شك فيه أن الوسط الجوي المحيط بالمعدن له تأثيره المؤدي إلي تكوين نواتج التآكل (مثال: كربونات النحاس، أكسيد الحديد، كبريتات الفضة)، هذه النواتج تتشابه مع مكونات الخام ونجدها عند السطح البيني للمعدن مع الوسط.

وبالقطع يكون المعدن الذي حصلنا عليه بشكل اصطناعي غير مستقر في أغلبية الأوساط الطبيعة، وتتغير عدم الاستقرارية حسب المعدن والوسط. وعلى هذا يكون الذهب (الموجود طبيعياً في الحالة المعدنية وغير المحتاج

لمعاملة كيميائية تعدنية) مستقر في الأوسط الطبيعية. وعلى العكس من ذلك فإننا نجد الحديد غير ثابت في أغلب الأوساط الطبيعية. أما باقي المعادن الأثرية فإن ثباتها يكون شديد التباين حسب الأوساط المحيطة بها.



شكل ٣. دورة الجسم المعدني.

التآكل هو مجموع العمليات الفيزيوكيمائية التي تترسخ بين المعدن والوسط بداية من سطح المعدن، والتي تسبب رجوع المعدن لحالة معدنية قريبة من حالة الخام المستقر ثرموديناميكياً. فالتآكل هو حالة تلقائية ولا رجوعية.

يبقى التغيير في الوسط الجوي محدوداً في أغلب الأحيان. في الغالب، بعد ترك الجسم المعدني في وسط يابس أو بحري، فإن عمليات التآكل ستقود إلى تغيرات عميقة داخل المعدن. وتبعاً لعدم ثبات المعدن في الوسط، كما هو وارد في البيانات الثرموديناميكية، فإن عمليات التآكل ستؤدي حتماً إلى تحول تعديني كامل للمعدن.

يتراءى لنا إذاً حالتان هما: يختفي المعدن داخل الوسط بالتحلل أو التشتت ومن ثم تختفي القطعة، أو يتحول المعدن بالكامل إلى نواتج للتآكل؛ وبإحتفاظ هذه النواتج لتماسكها يصبح الجسم قابلاً للتمييز عند إجراء الحفائر.

ولكن لماذا على الرغم من هذه الظروف لا نعثر فقط على ألواح من الذهب لاغير، ولكننا نعثر على حلي من الحديد كذلك؟

في الواقع، إن التآكل لا يكون محكوماً فقط بالبيانات الثرموديناميكية. فسرعة التفاعل الكيميائي التي تتدخل عند السطح البيني interface معدن/وسط تتحكم أيضاً في التغييرات في المعدن. إن كينيتيكا التآكل تؤثر بشكل قاطع على تحول الجسم. عندما تقل سرعة التفاعل لتصبح منعدمة عملياً، حينذاك يسود التوازن بين المعدن والوسط. هناك حالة ثالثة يمكن تصورها وفيها يتحول المعدن بشكل جزئي إلى نواتج التآكل وهذه الحالة هي الأكثر شيوعا. وإذا تغيرت طبيعة الوسط، فإن التوازن يختل ويمكن للتآكل أن يعاود، وهذه الإختلال يمكن أن ينشأ بعد التنقيب عن القطعة الأثرية مثلاً. سنحاول الآن أن نشرح كيف ولماذا يتآكل المعدن وذلك باعتبار خصائص الوسط والمعدن. في هذا الجزء الخاص بتآكل المعادن الأثرية، سنورد ذكر آليات التآكل الرطب corrosion humide، في وجود الماء وهي الحالة السائدة في المناطق المعتدلة الحرارة، ولن نتطرق إلى آليات التآكل الجاف التي تحدث فقط في وجود الغازات.

أوساط الترك

جميع أوساط الترك (أرضية، بحرية، بحيرية) تكون غير متجانسة بسبب ما يوجد بها من نشاطات (تيارات، رشح، نشاطات تكتونية، نشطات بيولوجية). سنشير هنا إلى أبرز العوامل الموجودة في الأوساط المختلفة والتي تؤثر على عمليات التآكل.

العناصر الكيميائية

الماء: يسمح بانتقال المواد المذابة المختلفة بالانتشار (أملاح، غازات) أو المواد العالقة.

الأملاح المذابة: (أيونات بسيطة أو أيونات مركبة) وهي تؤثر على تفاعلات التآكل تبعاً لطبيعتها الكيميائية (كربونات، كبريتات، كلوريدات، سيلكات، إلخ...) أو تبعاً لتركيزها.

الغازات: المذابة أو غيرالمذابة تشترك أيضاً في عمليات التآكل، أساسا نجد الأكسوجين ولكن أيضاً الهيدروجين، ثاني أكسيد الكربون والغازات الناتجة عن تحلل المواد العضوية.

الماء والأملاح المذابة والغازات، جميعها تتفاعل مع المعدن لتكوين نواتج التآكل. وتتحدد طبيعة وتركيز الأملاح والغازات المذابة برقم الـpH (الأس الهيدروجيني) للوسط. ورقم الـpH للوسط عامل هام لأنه يؤثر على تكوين نواتج التآكل وعلى قابليتها للذوبان.

الطبيعة الفيزيائية للوسط

بالمحاذة مع هذه العوامل المشتركة لأوساط الترك الأساسية، فإنه يجب أن نبرز أنه في حالة الأجسام المدفونة فإن بعض خصائص علم التربة تكتسب أهمية مثل المسامية، التي تتحدد عن طريق مقاس الجزيئات، وتلعب دوراً هاماً في عمليات التآكل لأنها تقرر مدى انسياب الماء والغازات. والمسامية لها أيضاً أثر مباشر في التطور الحركي للتآكل لأنها تؤثر على ارتحال الأيونات.

كذلك فإن مرور الماء ينقل جزيئات مُصنفِرة مثل الرمال يمكن أن تسبب نحراً لسطح المعدن، مؤثرةً بذلك على عمليات التآكل (الأوساط البحرية والبحيرية).

البكتيريا

بعض البكتيريا اللاهوائية يمكن أن يكون لها أثر على عملية تآكل المعدن في الأوساط الفقيرة بالأكسوجين (أماكن مدفونة مملؤة بالماء، ترسيبات، إلخ...)، (Schreir, 1977; Selberg-Daldorff, 1987). لما كان مفهوم الوسط أساسي لفهم عمليات التآكل، فانه يتضح أيضاً شدة التعقيد لهذا المفهوم. وبالفعل فإن التصور النهائي لوسط ترك القطع لا يعكس أبداً عدم تجانسه. ففي الحقيقة تتجاور القطعة مع عدة «بيئات مِكروية» (متناهية الصغر) micro-environnements.

المعدن

كما رأينا فيما سبق، يتكون المعدن من بنية بلورية من الأيونات المشحونة موجباً (الكاتيونات)، وفي داخل تلك البنية تسري سحابة من الإلكترونات اللائي يحققن المُوصّلية الكهربية للمعدن. عندما يكون المعدن ملامساً لمحلول ما، فإن كاتيوناته الموجودة على السطح تحاول ترك البنية البلورية لتمر في المحلول. عندما تمر الكاتيونات في المحلول، يكتسب المعدن حينئذ زيادة في عدد الإلكترونات بالقرب من سطحه (Besson, 1979, p. 53). ويظهر تراكم للشحنات هنا وهناك، بحيث تظل المجموعة المكونة من المعدن والكاتيونات متعادلة كلياً. هذا التحلل للمعدن يستمر حتى يتواجد توازن ديناميكي بين المعدن والكاتيونات، تمثله المعادلة الآتية:

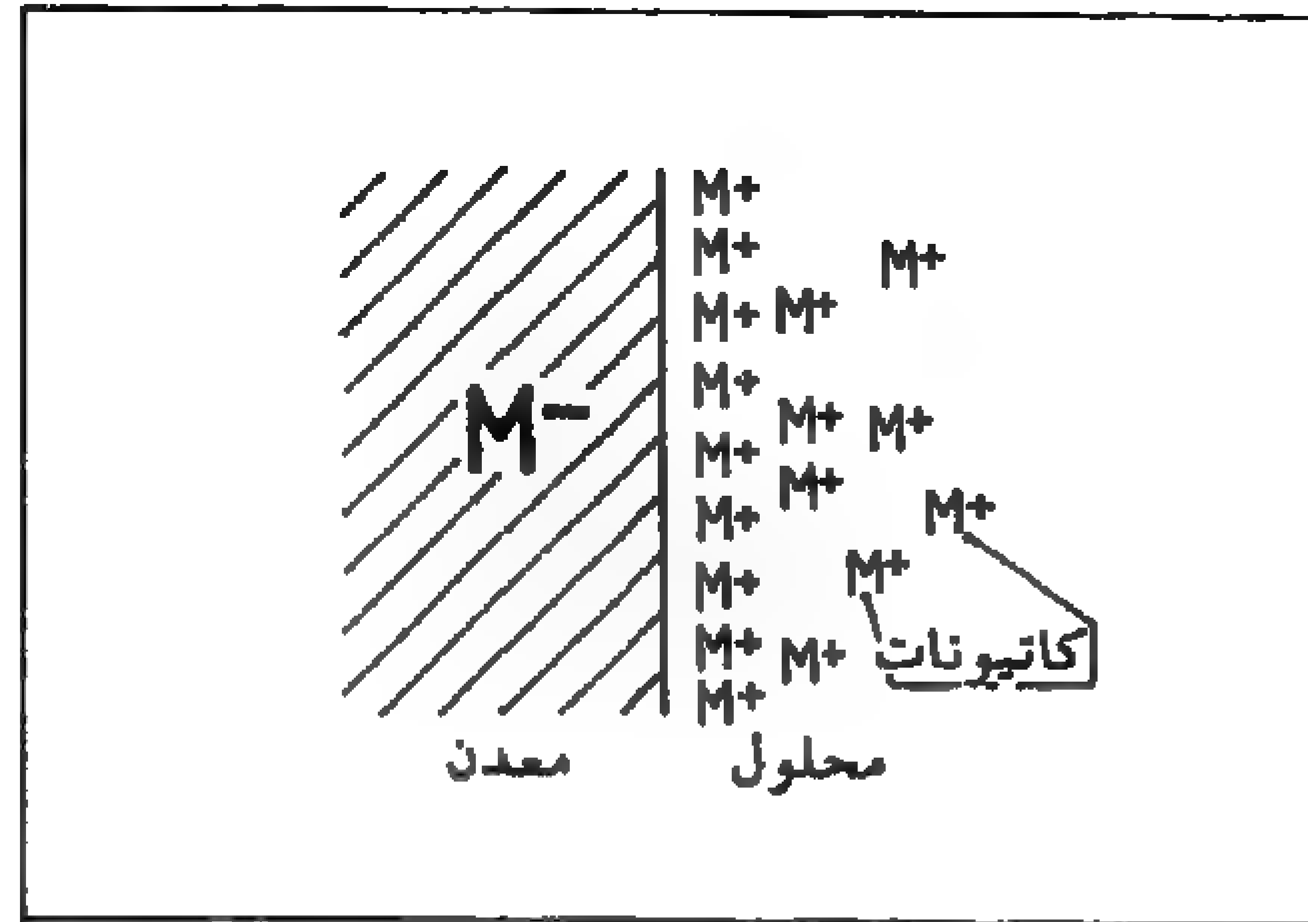


$$M \rightarrow M^{n+} + n\ e^{-}$$

حيث «M» ذرة معدنية، و «n» عدد الشحنات في الأيون المقصود.

القوى الإلكتروستاتيكية التي تعمل حينئذ بين المعدن (المشحون -) والكاتيونات (المشحونة +) تُجبر الكاتيونات على البقاء بالقرب من المعدن. يسمى النظام المكون من سطح المعدن وطبقة الكاتيونات بالطبقة الإلكترونية

المزدوجة (Besson, 1979, p. 53). وكلما كانت تلك القوى ضعيفة كلما كان المعدن له قابلية على التحلل، ليصبح بالتالي غير مستقر.



شكل ٤. الطبقة الإلكترونية المزدوجة.

نستطيع أن ندلل على القوى الإلكتروستاتيكية بوجود فرق في الجهد بين المعدن والمحلول المحتوي على الكاتيونات (مزدوج M / M^{n+}). هذا الفرق في الجهد (جهد قياسي) هو أحد البيانات الثرموديناميكية التي يُعرف بها المعدن في وسط معين. وهكذا فإنه في الماء النقي على سبيل المثال، تُرتب المعادن على حسب هذا الفرق في الجهد (الثرموديناميكية الكريمة) noblesse thermodynamique (Evans, 1960):

المعدن	فرق الجهد بالفولت
Au / Au^{+++}	+ 1500
Ag / Ag^{+}	+ 0,799
Cu / Cu^{++}	+ 0,337
$H2 / H^{+}$	0
Pb / Pb^{++}	- 0,126
Sn / Sn^{++}	- 0,136
Fe / Fe^{++}	- 0,440
Zn / Zn^{++}	- 0,763

أيونات المعادن ذات الجهد الأعلى في الكهربية السالبة (Pb, Sn, Fe, Zn) تكون قابليتها للمرور في المحلول أسهل، وبالتالي ستكون تلك المعادن أسهل في النيل منها.

أيونات المعادن ذات الجهد الأعلى في الكهربية الموجبة تكون قابليتها للمرور في المحلول أقل، وبالتالي ستكون تلك المعادن أصعب في النيل منها.

هذا الفرق في الجهد المسمى بالجهد المطلق للإلكترود لا يمكن قياسه عملياً، لأنه لا يمكن قياس فرق الجهد بين معدن ومحلول ولكن يقاس فقط بين معدن وآخر. نقيس فرق الجهد إذاً بالقيم المنسوبة إلى إلكترود الهيدروجين، الذي يكون جهد الإلكترود المطلق له عبارة عن قيمة مثبتة اختيارياً عند الصفر في ظروف معينة (Pourbaix, 1975).

هذا المفهوم للجهد الإلكتروكيميائي يُعتبر أساسي من وجهة نظر تفهم التآكل وبعض أنواع المعالجات الكيميائية والإلكتروكيميائية.

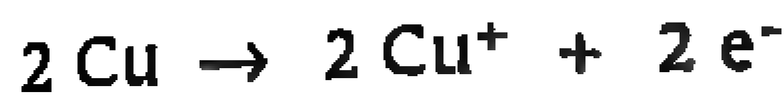
تؤثر خواص المعدن المتعددة على الجهد ومنها:

- التكوين (معدن نقي، سبيكة، شوائب)؛
- عدم التجانس العياني macroscopique (خشونة السطح، زخرفة، إلخ...)، والمِكروي microscopique (شوائب، مسامية، إلخ...)، والذري (عيوب، انخلاع).

بعض تلك الخواص قد تنتج عن المعالجات الثرموديناميكية (سقاية، إعادة تحمية، إلخ...)، أو من بعض التغييرات الحاصلة خلال فترة الاستعمال (إجهاد، شرخ، تسخين مكثف، إلخ...).

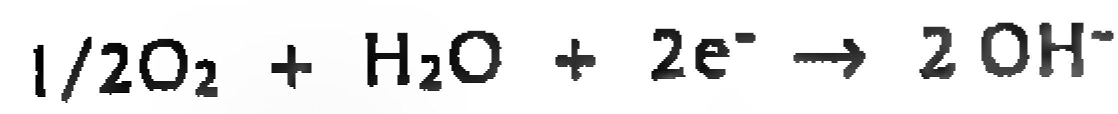
يخلق عدم التجانس في المعدن والوسط مناطق مختلفة الجهد على سطح المعدن. وتخلق الفروق في الجهد مناطق أنودية وكاثودية مما يؤدي إلى ظهور تيار كهربي. وهي تقود إلى حدوث تفاعلات كيميائية، كالأكسدة والاختزال على سطح المعدن. تعمل آليات التآكل تلك مثل البطارية، فيلعب المعدن أو المعادن دور الأقطاب (أنود وكاثود) ويلعب الوسط دور المحلول الإلكتروليتي.

في حالة النحاس مثلاً، يتأكسد المعدن في بعض المناطق المسماة بالأنودية ويمكن لأيونات المحلول الإلكتروليتي أن تذوب تبعاً للتفاعل الآتي:



$$2\,Cu \rightarrow 2\,Cu^{+} + 2\,e^{-}$$

أما في المناطق الأخرى المسماة بالكاثودية فيتم إختزال الأكسوجين المذاب في الماء، كالآتي:



$$1/2O_2 + H_2O + 2e^{-} \rightarrow 2\,OH^{-}$$

إن انتاج الإلكترونات e^{-}، في المناطق الأنودية (أكسدة) واستهلاك ال-e في المناطق الكاثودية (إختزال)، يثير حركة الشحنات الكهربية في داخل المعدن وخارجه (شكل ٧).

في المعدن، تقوم الإلكترونات (ذات الشحنة -) بالتحرك من المناطق الأنودية إلى المناطق الكاثودية بفضل موصلية المعدن. وكذلك فإن الشحنات تنتقل عن طريق الأيونات (أنيونات وكاتيونات) إلى خارج المعدن، سواءً إلى الوسط أو فيما بعد إلى قلب نواتج التآكل.

من أجل المحافظة على التعادل، فإن هذه الحركات للشحنات تجري بطريقة متزامنة. وتتم إذاً التفاعلات الكيميائية، الأنودية منها والكاثودية بطريقة متزامنة أيضاً. إذا كانت واحدة من أنصاف التفاعلات تلك قد تم وقفها أو ببساطة إبطائها فإن النصف الآخر من التفاعل سيتم وقفه أو تبطئته أيضاً. وبالتالي فحركية الإلكترونات والأيونات يكون لها تأثير هام على حركية التآكل.

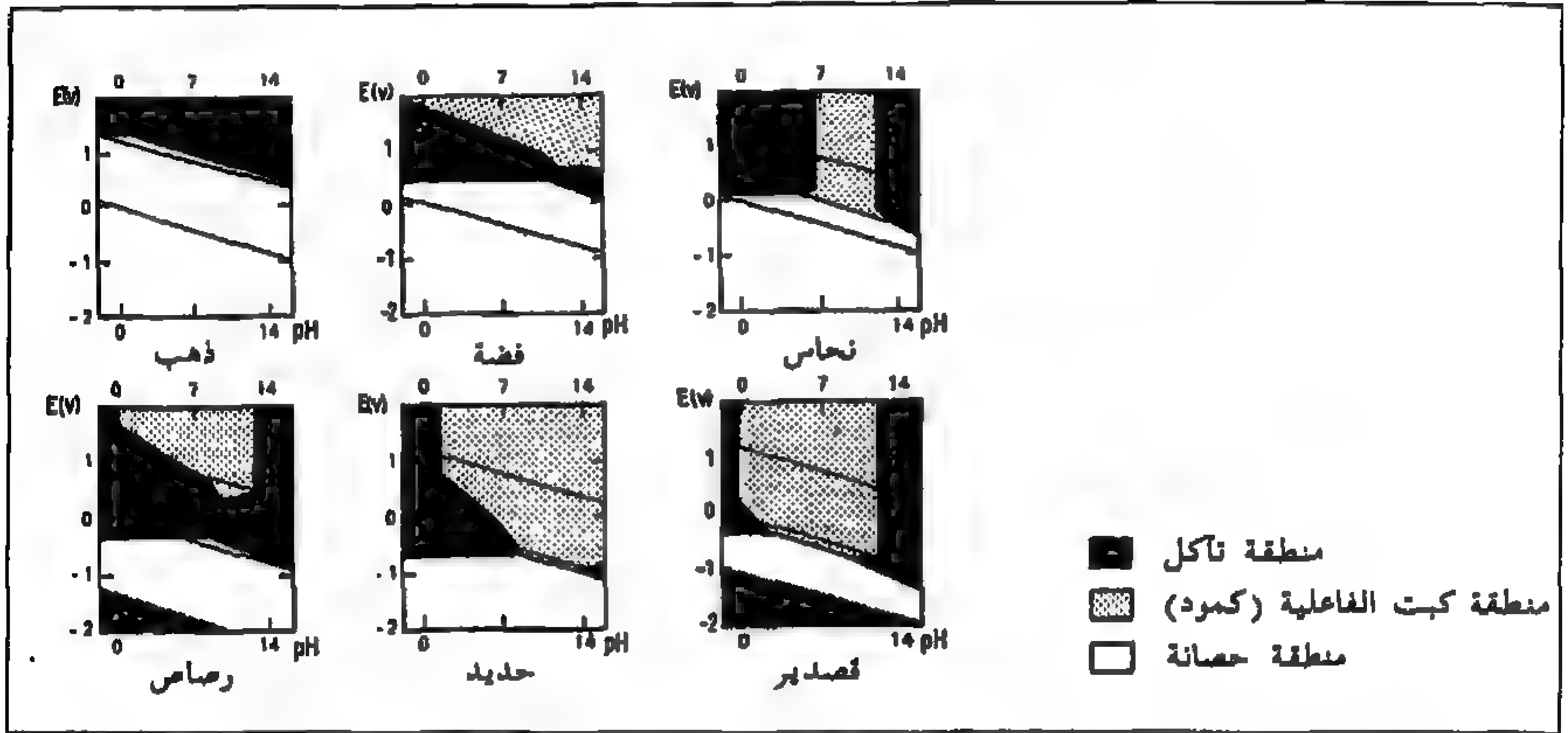
علي حسب جهد المعدن والرقم الهيدروجيني (الأس الهيدروچيني، رقم الـ pH) للوسط والعناصر الكيميائية الموجودة، فإنه يكون هناك فرصة لإجراء تفاعلات عديدة. ويتم أي تفاعل عند جهد معين، تبعاً للبيانات الثرموديناميكية. فالجهود التي يتخذها المعدن في المناطق الأنودية والكاثودية هي إذا التي تسمح بإتمام هذا التفاعل أو ذاك. ويمكن إذا أن نحصل على حصانة للمعدن immunité (لا تآكل)، أو تآكل، أو كمد للفاعلية passivation. عرض Pourbaix تمثيل تخطيطي لهذه الحالات في الرسوم البيانية diagrammes للجهد مقابل رقم الـ pH للتوازن الإلكتروكيميائي (Pourbaix, 1963) (شكل ٥).

في مثال النحاس فإن التفاعل الكلي يكون:



$$2\,Cu + 1/2\,O_2 + H_2O \rightarrow 2\,Cu^+ + 2\,OH^-$$

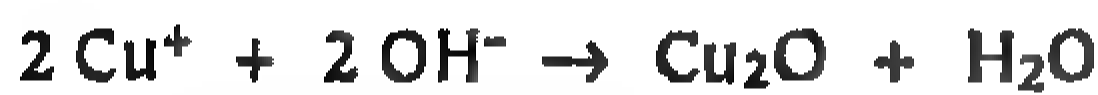
بدءاً من هذا التفاعل الابتدائي المرتبط بالبيانات الثرموديناميكية، فإن الكاتيونات Cu^+ ستتفاعل مع العناصر الكيميائية الموجودة في الوسط، وبهذا يكون استمرار التآكل وحركيته معتمداً على تلك التفاعلات اللاحقة.



شكل ٥. الرسوم البيانية للجهد مقابل رقم الـ pH للمعادن الأثرية.

التآكل المنتظم

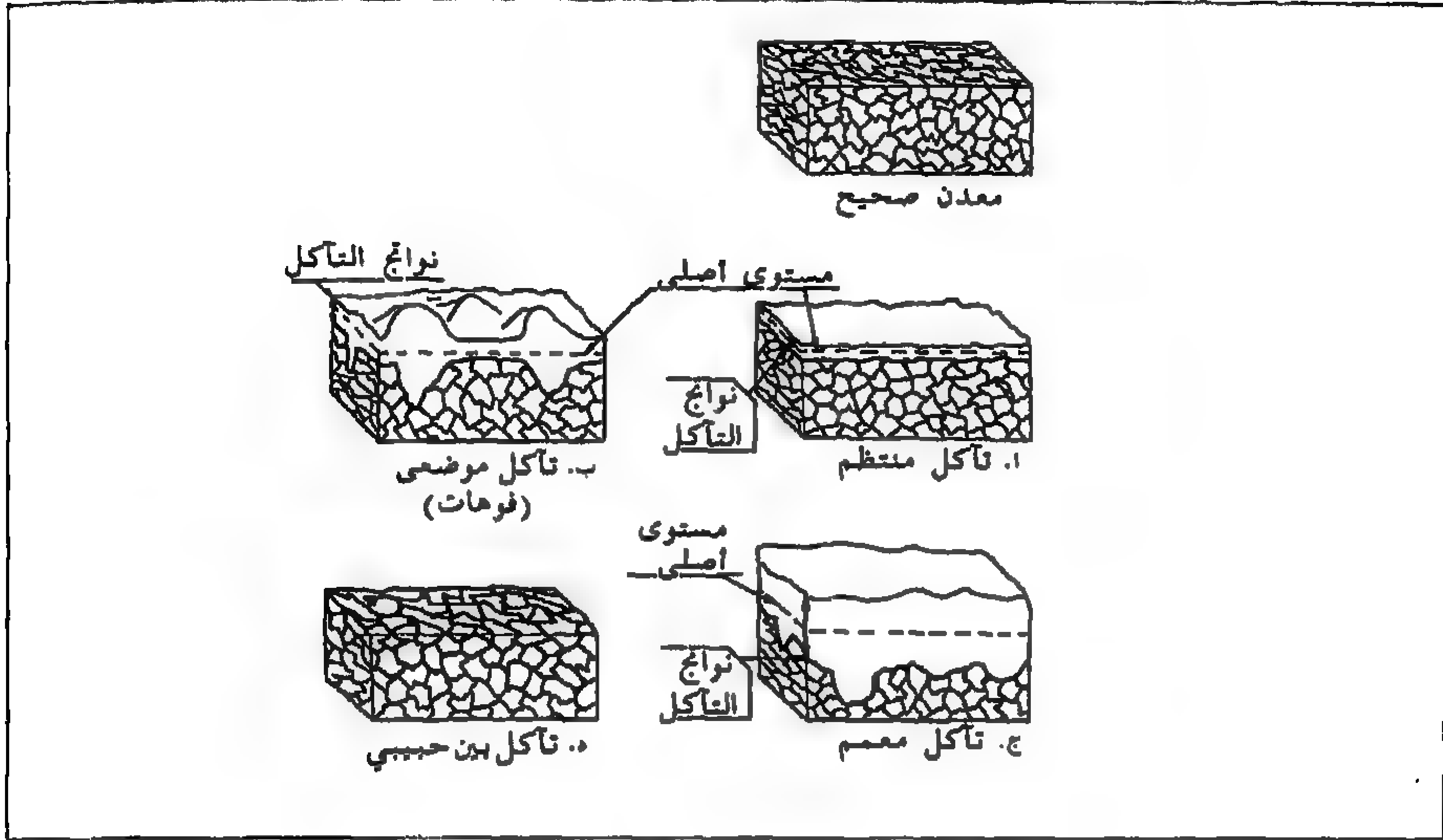
عندما تكون المناطق الأنودية والكاثودية قريبة من بعضها البعض، فإن كاتيونات Cu^+ تتفاعل مع أنيونات OH^- لتكوين أكسيد النحاس Cu_2O (الكوبريت):



$$2\,Cu^+ + 2\,OH^- \rightarrow Cu_2O + H_2O$$

في مرحلة أولية، فإن طبقة الأكسيد المتكونة عند الحائل البيني معدن/ وسط تكون غير متصلة. تمتد الأكسدة بدءاً من نبتة أكسدة حتى تغطي السطح بالكامل. هذا ما يعرف بالتآكل المنتظم، وهو يُعرَف بوجود طبقة من نواتج التآكل ذات سمك منتظم (شكل ٦ – ١). في الواقع، لا يكون أبداً هذا

النوع من التآكل منتظم انتظاماً كليا، ولكن يُظهر الفاصل البيني معدن/أكسيد لتموجات خفيفة (Shreir, 1977, p. 131). نقابل التآكل المنتظم بكثرة في الفضة، الرصاص، أو السبائك النحاسية ونادراً مع الحديد. الغشاء الأكسيدي الملون «الباتينا» patine هو مثال جيد لذلك (Mourey, 1987, p. 57).

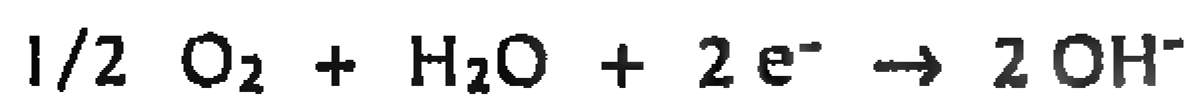


شكل ٦. اشكال فيزيائية مختلفة للتآكل، ا. منتظم، ب. موضعي (فوهات)، ج. شامل، د. بين حبيبي.

يستمر التآكل أسفل نواتج التآكل، سواء عن طريق انتشار الكاتيونات أو الأنيونات (Shreir, 1977, p. 243). تشارك الأيونات Cu^{+} الموجودة على سطح الأكسيد اشتراكاً مباشرا أو غير مباشرا في تكوين الهيدروكربونات (ملاخيت، أزوريت)، أو الهيدروكبريتات (بروكانيت) عن طريق الأيونات Cu^{2+}.

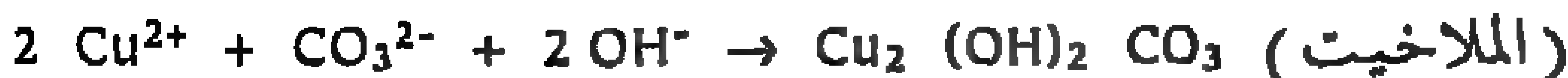


$$2\,Cu^{+} \rightarrow 2\,Cu^{2+} + 2\,e^{-}$$



$$1/2\ O_2 + H_2O + 2\,e^{-} \rightarrow 2\,OH^{-}$$

ثم



$$2\,Cu^{2+} + CO_3^{2-} + 2\,OH^{-} \rightarrow Cu_2(OH)_2CO_3$$ (الملاخيت)

في حالة الانتشار الأنيوني فإن الظاهرة تكون عكسية: الأنيونات النابعة من الوسط تنتشر في إتجاه الداخل. فيتكون إذا الأكسيد عند الحائل البيني معدن/أكسيد (كما في الحديد مثلاً).

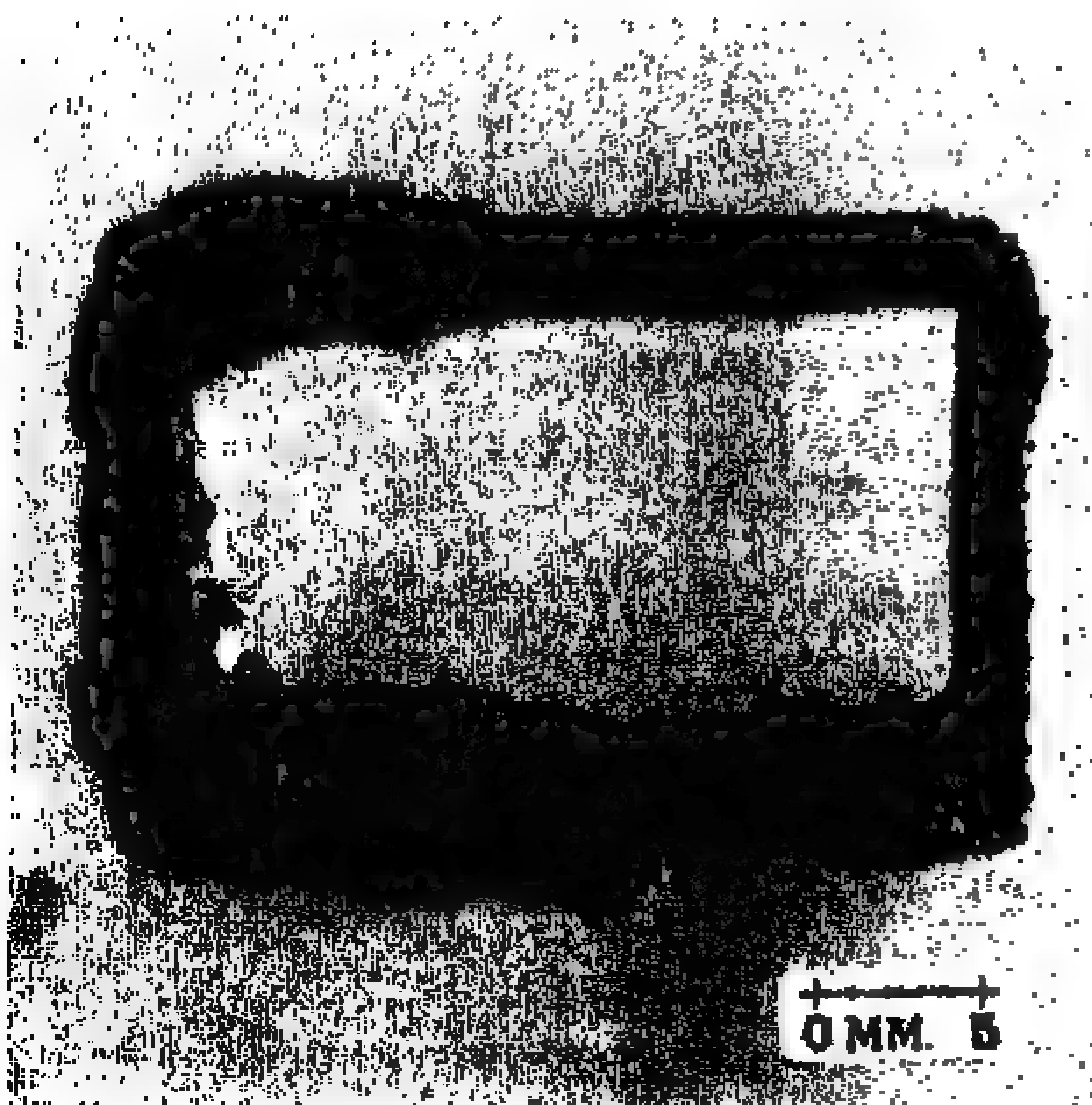
بعض طبقات نواتج التآكل يمكن أن تُكَوِن حائلاً بين المعدن التحتي والعناصر الفعالة للوسط، مما يؤدي إلى التقليل من سرعة التآكل: وعندئذٍ يكون هناك كمد للفاعلية passivation. تكون طبقة التآكل عندئذٍ قليلة السمك (بعض الميكرونات).

في هذه الحالة، يجب على نواتج التآكل أن تُظهر الخواص الآتية:

- تكون قليلة الذوبان؛
- تكون ضعيفة المسامية، وذلك للحد من التبادلات؛
- تكون لها كثافة أقل قليلاً من كثافة المعدن الأصلي؛
- تكون شديدة التلاصق مع سطح المعدن؛
- تكون لها مُوصّلية أنيونية منخفضة.

من نواتج التآكل التي لها خاصية كمد الفاعلية نجد مثلاً الكربونات، أكاسيد النحاس، أكاسيد الحديد، كبريتيد الفضة،كربونات الرصاص. في كل الحالات، فإن هذه الشروط اللازمة لتكوين نواتج التآكل تحدد أيضاً دور تلك النواتج كعامل حماية.

طبقة التآكل المنتظم لا تعمل بالضرورة على كمد الفاعلية وبالأخص عندما تكون نواتج التآكل مسامية. وجدير بالملاحظة أن بعض النقاط على سطح الجسم يمكن أن تُكمد فاعليتها بينما البعض الآخر لا، (صورة ١).



صورة ١. أنماط متعددة من التآكل على نفس الجسم المعمول من سبيكة نحاسية (قرط (٢,٨٣٨,١٨)، العصر الكارولينجي. مدينة سان دونيه، الوحدة الأثرية، تصوير R. Bertholon.

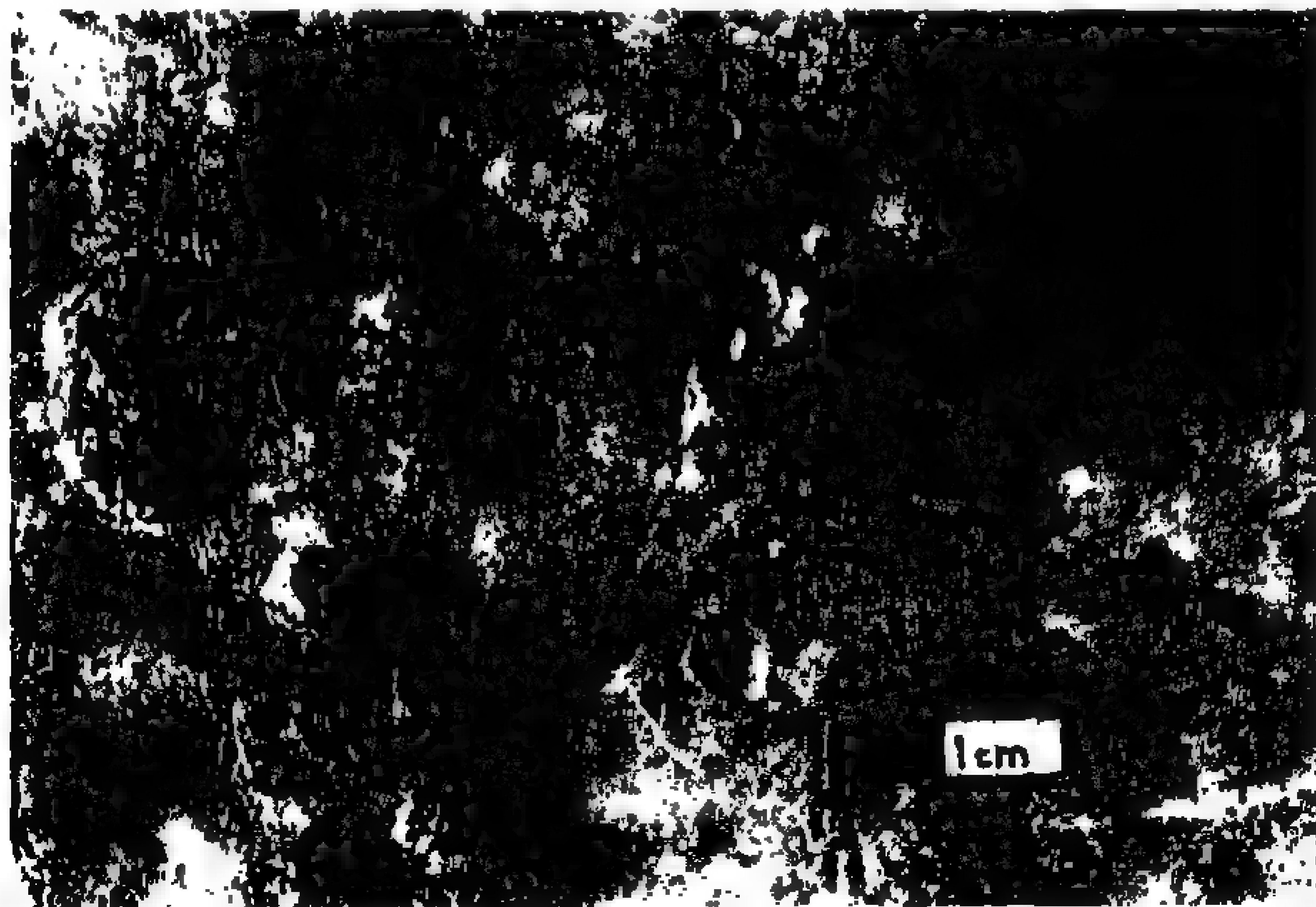
هناك عوامل كثيرة يمكن أن تؤدي إلى كسر طبقة كمد الفاعلية منها: التحلل الكيميائي لنواتج التآكل الذي يتلوتغير الوسط، التعرية أو النحر لهذه الطبقة عن طريق المياه الجارية أو الكسر الميكانيكي لها تحت تأثير الإجهادات الداخلية.

وبالقطع، فإن تكون طبقات تآكل ذات كثافة منخفضة، يولد إجهادات ميكانيكية في قلب طبقات التآكل. وتبعاً لعملية التكوين (أنيونية وكاتيونية)، تعمل هذه الإجهادات سواءً على سطح الأكاسيد أو على سطح المعدن مسببةً ظهور تشققات في طبقة كمد الفاعلية (Shreir, 1977, p. 245).

إذا كان تكون طبقة كمد الفاعلية قد يسبب تقلص سرعة انتشار العناصر المتفاعلة ونواتج التفاعل، فإن كسر هذه الطبقة يمكن أن يؤدي إلى تآكل موضعي مكثف.

التآكل الموضعي

يُعرف التآكل الموضعي عن طريق وجود مناطق تآكل ذات أفضلية (فوهات، نقر، إلخ ...) (شكل ٦- ب) (صورة ٢).



صورة ٢. تآكل موضعي على قطعة من الرصاص (صفيحة من الرصاص (أواسط القرن الرابع عشر، مدينة سان دونيه، وحدة الآثار، تصوير R . Bertholon).

البعض من عدم التجانس الذي يكون للمعدن أو للوسط يمكن أيضاً أن يمنع تكوين طبقة التآكل المنتظم.

من ضمن عدم التجانس الذي يظهر في المعدن نستطيع أن نذكر: وجود أطوار مختلفة أو عُقد صغيرة من معدن آخر، اختلاف في البناء التعديني الناتج من بعض المعاملات الميكانيكية (تطريق)، أو الحرارية (سقاية)، (Marchesini, Badan, 1981, p. 198). بالنسبة للسبائك النحاسية مثلاً، فإن المناطق الأكثر تعرضاً للطرق تتصرف كمناطق أنودية، وعلى هذا فإن الوصلة بين قاع وبطن الأواني تكون في الغالب شديدة التآكل.

الشكل الهندسي للقطعة يكون له أيضاً تأثيراً (ظاهرة البروز)، وكذلك الإجهادات الميكانيكية أيضاً في داخل المعدن (التآكل بالنقر، التآكل البين بلوري).

وأخيراً، فإنه يبقى لنا أن نشير إلى عدم التجانس الناتج عن التآكل نفسه، فنواتج التآكل المتكونة تتصرف كما لوكانت كاثود بالنسبة للمعدن التحتي (Hamilton, 1976, p. 10).

من ضمن عدم التجانس، الناتج عن الوسط، تُعرف خاصية التغيير في تركيز الأملاح والتهوية الجزئية aération différentielle. في تلك الحالة الأخيرة تكون مناطق المعدن، الملاصقة لوسط غني بالأكسوجين المذاب، مهداً للتفاعلات الكاثودية والتي منها اختزال الأكسوجين. في المناطق التي تكون فقيرة في الأكسوجين المذاب، تنتج تفاعلات أنودية تؤدي إلى تحلل المعدن.

في المناطق الأنودية يؤدي تحلل المعدن إلى تكوين حامضية موضعية تقود إلى تكوين فوهات عن طريق استهلاك الحديد. تحت تأثير التيار الكهربي، تنتقل الكاتيونات إلى المناطق الكاثودية الموجودة على حافة الفوهة. في هذه المناطق، يكون رقم الـpH قاعدي بسبب اختزال الأكسوجين إلى أيونات هيدروكسيل (OH^-). ستتفاعل الكاتيونات مع الأنيونات الموجودة في الوسط أوالناتجة من تفاعلات كاثودية وتُكوِّن إذاً نواتج تآكل على حواف الفوهة. وبالتدريج، تُكوِّن نواتج التآكل تلك قشرة فوق الفوهة. في الغالب لا تعزل نواتج التآكل المعدن عن الوسط، وبهذا يستمر التآكل.

هذا النوع من التآكل نجده في الرصاص، القصدير، السبائك النحاسية، الحديد، ونادراً في الفضة (صورة ٢).

في أثناء عمليات التآكل، فإن إتمام التفاعلات الكيميائية يؤدي إلى تناقص فرق الجهد بين المناطق الكاثودية والأنودية ويقلل، تبعاً لذلك، من شدة التيار المسئول عن عمليات التآكل: فتُستقطب إذاً البطارية.

سنطلق إذاً تعبير الإستقطاب الكاثودي، عندما تكون حركة الإلكترونات والأيونات محكومة عن طريق التفاعلات الكاثودية، والإستقطاب الأنودي في الحالة العكسية.

هذا الإستقطاب يكون مرجعه تباطؤ انتشار الأيونات والإلكترونات المشتركة في واحدة من التفاعلات النصفية أو في الاثنين معا. وتستمر التفاعلات الكاثودية والأنودية بعد ذلك بشدة أقل.

هذا التباطؤ يمكن أن يكون مرده إلى تراكم نواتج التآكل على المناطق الكاثودية أوالأنودية (إعادة كمد الفاعلية) repassivation. ويمكن أيضاً أن يكون قد نتج عن انطلاق غازات على هذه المناطق.

في حالة وجود الحديد في وسط لاهوائي، فإنه يكون هناك اختزال كاثودي لأيونات H^+ إلى هيدروجين، وتحلل أنودي للحديد. يتسبب وجود الهيدروجين في حدوث استقطاب (Marchesini, Badan, 1981, p. 197). في حالة التآكل البكتيري، سنتكلم عن الفعل المانع للاستقطاب depolarisant للبكتيريا اللاهوائية (Shreir, 1977, p. 279). في الواقع، فإنه في الموضع الذي يتم فيه خلق أوساط لاهوائية نتيجة تدمير المواد العضوية تستخدم تلك البكتريا الهيدروجين في تفاعل التآكل الكاثودي لاختزال الكبريتات إلى كبريتيد. هذا الاستهلاك للهيدروجين يزيل إستقطاب dépolarise الكاثود ويسمح باستمرار التآكل. وكمثال، فإن حوالي ٦٠ ٪ من تآكل الحديد في ماء البحر يمكن أن يكون مرده إلى التأثير البكتيري (Hamilton, 1976).

هذا التآكل الموضعي يمكن أن يمتد إلى سطح الجسم كله، سنتكلم إذاً في هذه الحالة عن التآكل الموضعي المنتشر أو التآكل المُعمم، (شكل ٦ – جـ).

هذا النوع من التآكل نصادفه بكثرة على الأجسام الحديدية، وفي بعض الأحيان على تلك المصنوعة من سبائك الحديد أو الرصاص (صورة ٤).

بعض ظواهر التآكل الأخرى

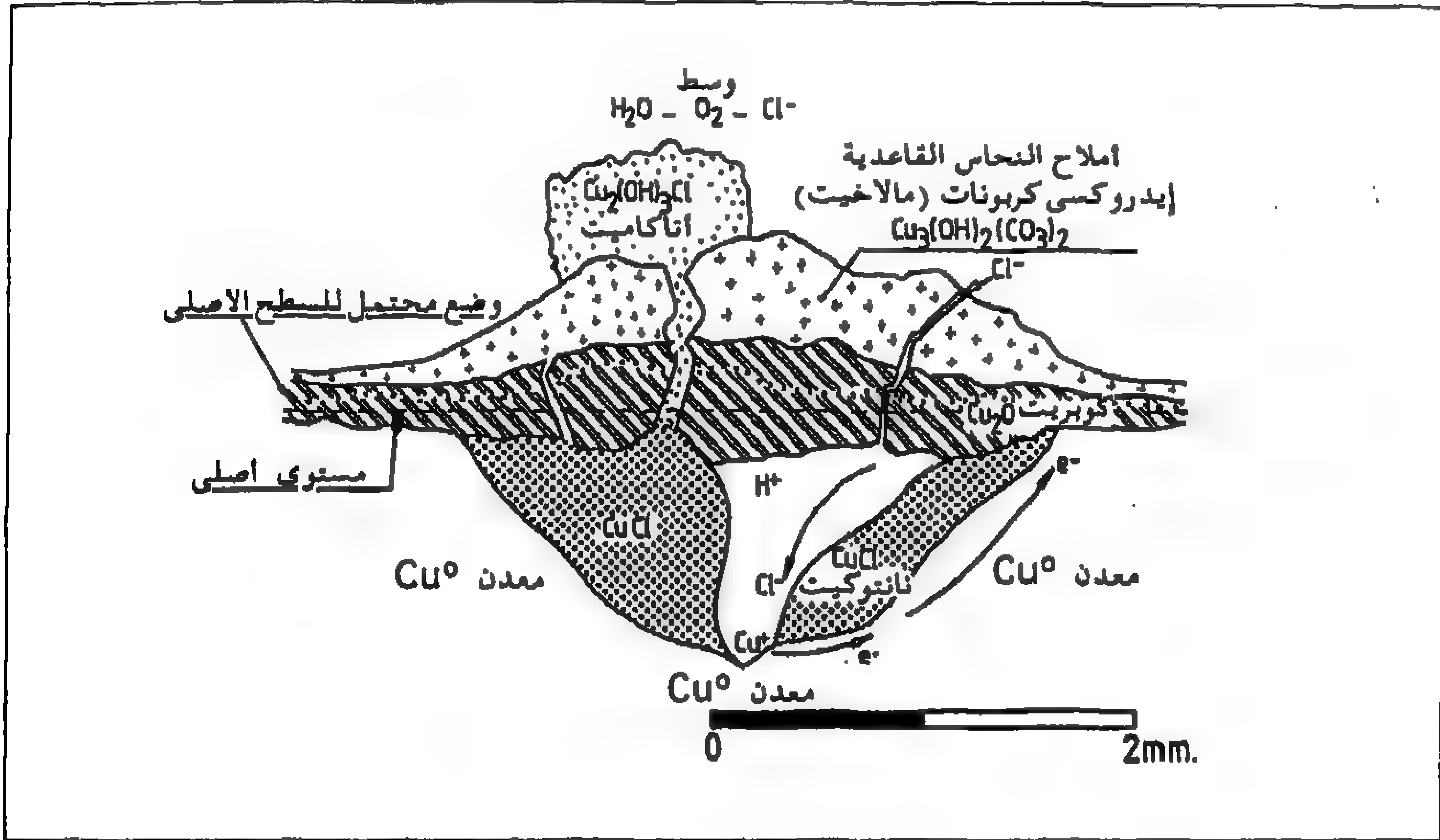
يؤدي تلامس قطعتين من معدنين مختلفين أو تواجد معدنين أو معادن مختلفة داخل نفس القطعة إلى تكوين بطارية بين هؤلاء (Hamilton, 1976, p. 9; North, 1978, p. 76). ويطلق على هذا التآكل الجلفاني أو تآكل المزدوج المعدني. وكمثال جيد له نذكر الصفائح أو الحلقات من الحديد المدمشق بالفضة، والتي يُزيد فيها المعدن الكريم، الذي تم الترصيع به، من تآكل الحديد التحتي.

في حالة السبائك، فإن وجود ذرات لمعدن آخر يمكن أن يؤدي لتآكل إنتقائي، ويتميز بكون إحدى مكونات السبيكة تذوب تفضيلياً (اختفاء الزنك في النحاس الأصفر، تآكل تفضيلي للنحاس داخل البرونز) (Bensimon, 1970; Weisser, 1975).

سنذكر أيضاً تأثير التغيير في التكوين داخل السبيكة، فيما بين الشجيرات من ناحية (تآكل بين شجيري)، أو عند وصلات الحبيبات من ناحية أخرى (تآكل بين حبيبي أو بين بلوري)، (شكل ٦ – ث) (Stambolov, 1985, p. 38). في هذه الحالة الأخيرة، لا يكون التآكل دائماً مرئياً. في الواقع، قد لا يحدث تغير في شكل وحالة السطح، بينما يمكن أن يصير المعدن قابلا للكسر كالزجاج، (حالة بعض القطع الفضية: Werner, 1965).

عمليات التآكل النشط

يكون لوجود أنيونات Cl^- في الوسط، دخل في إستمرار نسبة كبيرة جداً من عمليات التآكل الموضعي. فتنجذب الكلوريدات، وهي أنيونات ذات حركية عالية، نحو المناطق الأنودية في الفوهات حيث يجرى تحلل المعدن (شكل ٧).



شكل ٧. التآكل النشط للنحاس.

في حالة النحاس، بدءاً من تركيز معين، تتفاعل هذه الأنيونات مع أيونات Cu^+ المتحررة نتيجة لأكسدة المعدن لتُكون كلوريدات النحاس CuCl في عمق فوهات التآكل:

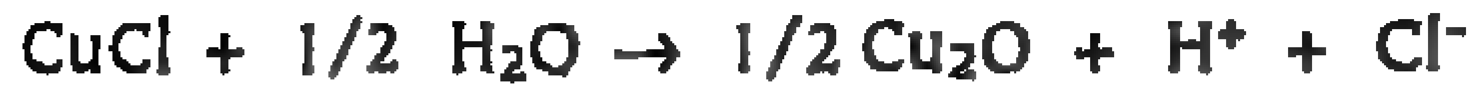


$$Cu^o \rightarrow Cu^+ + e^-$$



$$Cu^+ + Cl^- \rightarrow CuCl$$

يكون كلوريد النحاس غير مستقر ويتحلل تحت تأثير الرطوبة ليُكّون أكسيد نحاسي: الكوبريت cuprite، ويطلق حامض الكلوريدريك الذي يهاجم المعدن التحتي مرة أخرى:



$$CuCl + 1/2\ H_2O \rightarrow 1/2\ Cu_2O + H^+ + Cl^-$$

ثم،



$$Cu^+ + Cl^- \rightarrow CuCl$$

والتفاعل السابق يمكن أن يتم من جديد.

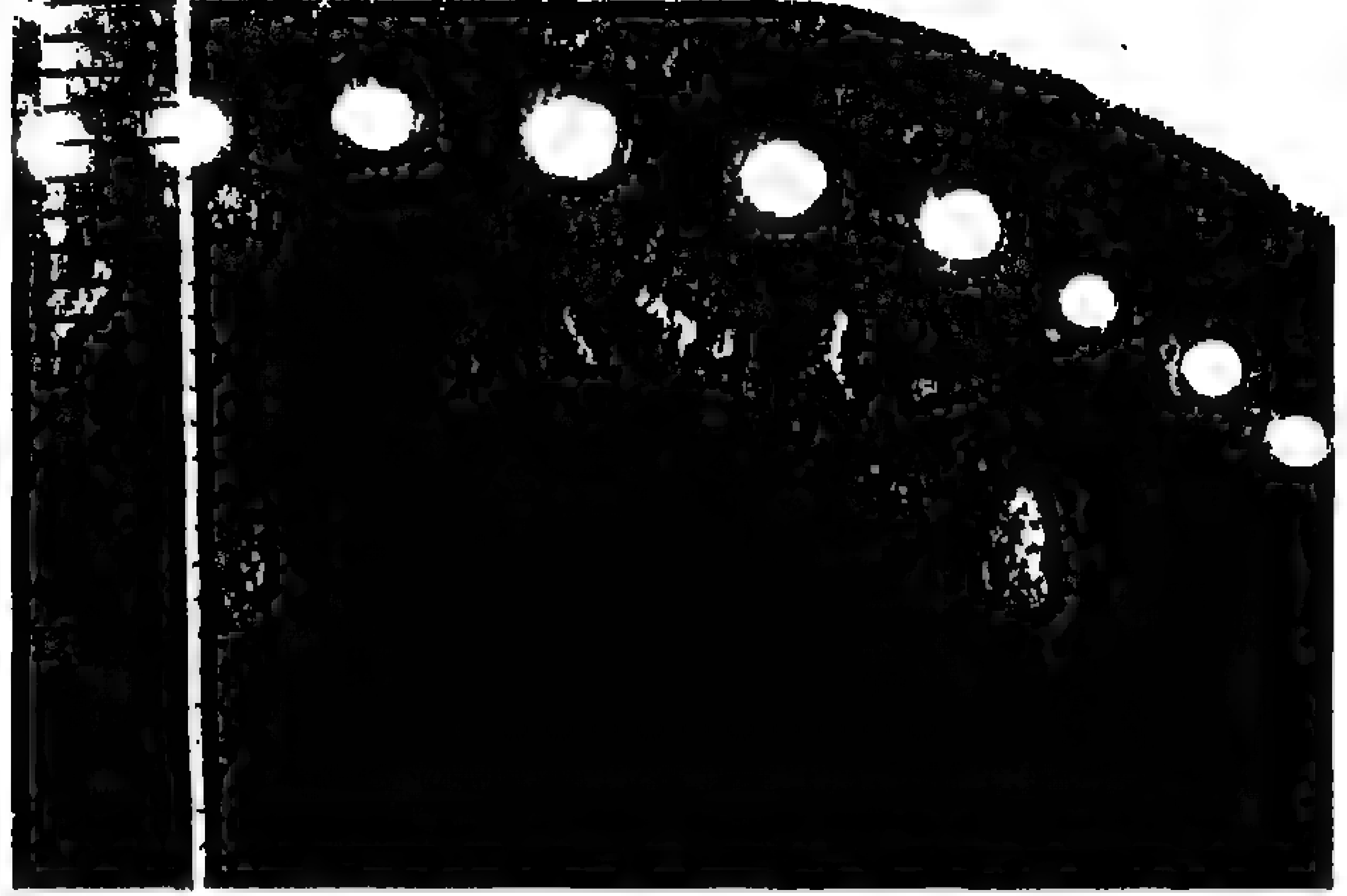
هذه الدورة يمكن أن تستمر حتى التمعدن minéralisation التام للمعدن. هذه الآلية الدورية للتآكل (التآكل النشط)، تكون في الحقيقة أكثر تعقيداً، وقد عرض L. Robbiola هذا في مقاله الذي نُرجع القارئ إليه (Robbiola, 1987).

ولمعرفة ما إذا كانت هناك عمليات أكسدة دورية من ذلك النوع تجري على قطعة من سبيكة نحاسية، فإننا يمكن أن نُجري اختبار أكسدة نشطة، وذلك بوضع الجسم لمدة ٤٨ ساعة في غرفة رطبة (وعاء تكون الرطوبة النسبية فيه مقاربة لمائة بالمائة). هذا الاختبار يُعتبر في الواقع تآكلاً مُسّرعاً ولا يجب أن يمارس بشكل متكرر وبالأخص على الأجسام شديدة التشقق أو التي تحتوي على زخارف يمكن لها أن تتلف. ونثير عندئذ التفاعل الآتي:

$$2\ CuCl + 2\ H_2O + 1/2\ O_2 \rightarrow Cu_2(OH)_3Cl + H^+ + Cl^-$$

(Robbiola, 1987)

عندما يكون كلوريد النحاس CuCl ملامساً للأكسوجين (نتيجة تشقق نواتج التآكل مثلاً)، فإنه يمكن لنا أن نلاحظ تكون كلوريد نحاس قاعدي $Cu_2(OH)_3Cl$ (أتاكاميت) atacamite وذلك عن طريق ظهور تكتل من نواتج التآكل يكون أخضر فاتح ومُتذري (صورة ٣). تعتمد كفاءة هذا الإختبار أيضاً على عوامل أخرى. فعندما تكون طبقات التآكل سميكة ومدمجة، وغير متشققة ولا متصلة، فإنه يمكن لهذا التفاعل الا يتم بسبب قصر مدة الاختبار، أو إذا تم تحت طبقات التآكل فإنه قد لا يظهر بشكل مرئي على سطح نواتج التآكل. ولهذا، يجب علينا أن نتعامل بحرص شديد مع النتيجة السلبية التي يأتي هذا الاختبار بها.



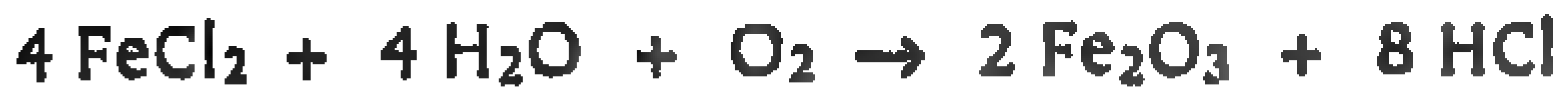
صورة ٣. تآكل نشط للسبائك النحاسية: ظهور كلوريد أخضر فاتح مُتذري. (مرآة من العصر الجالوروماني، متحف ڤيڤينيل، صورة لـ R. Bertholon).

في حالة المعادن الفلزية، فإن أيونات Fe^{2+} تتفاعل أيضاً مع الكلوريدات لتكون الكلوريدات المعدنية:



$$Fe^{2+} + 2\,Cl^- \rightarrow FeCl_2$$

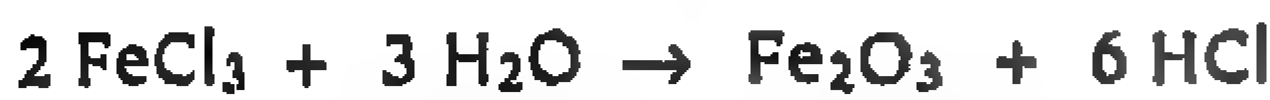
هذا الكلوريد المعدني يكون أيضاً غير مستقر ويتأكسد في وجود الأكسوجين إلى كلوريد حديديك ($FeCl_3$) وأكسيد حديديك. كلوريدات الحديدوز والحديديك تتميأ في وجود الأكسوجين والرطوبة لتكون أكسيدات أو هيدروكسيدات الحديديك وحامض الكلوريدريك.



$$4\,FeCl_2 + 4\,H_2O + O_2 \rightarrow 2\,Fe_2O_3 + 8\,HCl$$



$$4\,FeCl_2 + 7\,H_2O + O_2 \rightarrow 2\,Fe_2O_3 + 3\,H_2O + 8\,HCl$$

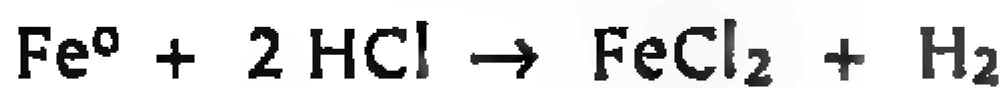


$$2\,FeCl_3 + 3\,H_2O \rightarrow Fe_2O_3 + 6\,HCl$$



$$4\,FeCl_3 + 9\,H_2O \rightarrow 2\,Fe_2O_3 + 3\,H_2O + 12\,HCl$$

يهاجم الحامض بدوره المعدن السليم ويحوله إلى كلوريد حديدوز وهيدروجين. ويمكن للتآكل الدوري إذا أن يستمر (Hamilton, 1976, p. 13).



$$Fe^{o} + 2\,HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2$$



$$4\,Fe^{o} + 3\,O_2 + 12\,HCl \rightarrow 4\,FeCl_3 + 6\,H_2O$$

وهذا التآكل، في حقيقته أكثر تعقيداً، وهو يظهر على شكل فوهات، ويمكن له أن يمتد إلى سمك المعدن بالكامل مسبباً انتفاخات وتشققات تؤول إلى إزاحات هامة للسطح الأصلي.

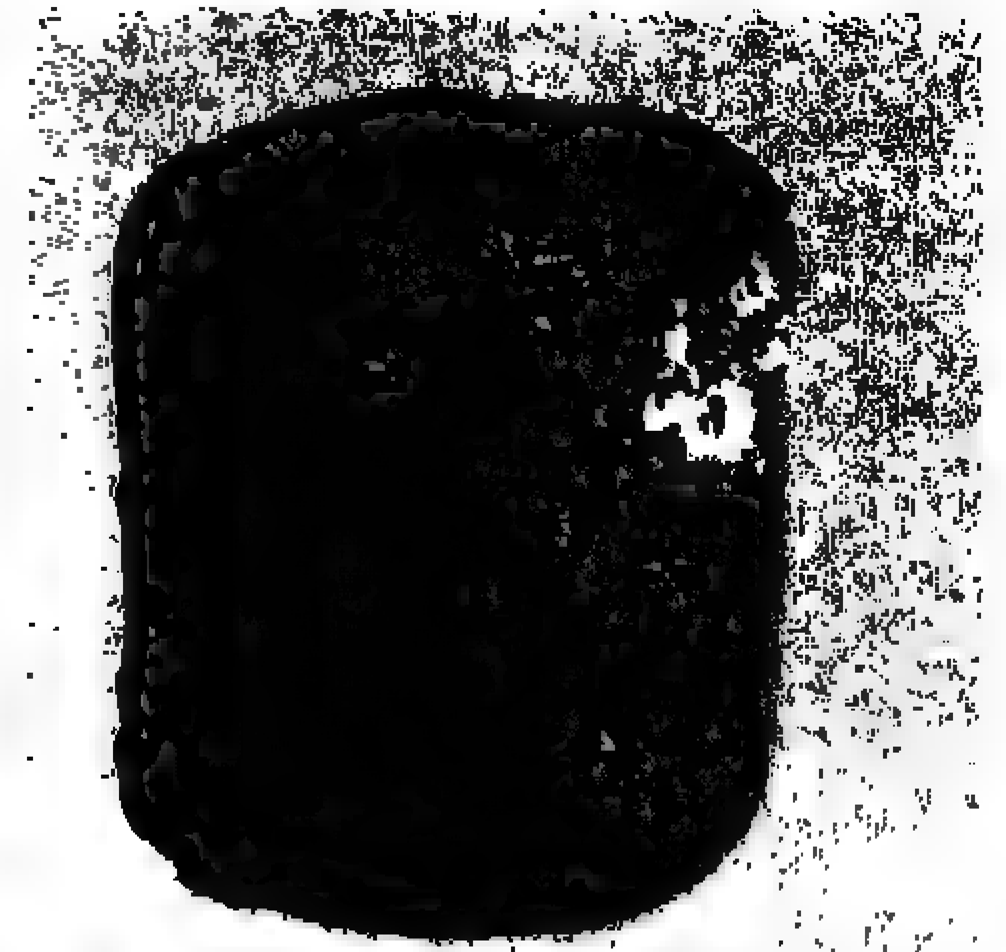
يمكن في بعض الحالات التعرف على وجود التآكل النشط على القطع المصنوعة من معادن حديدية، لاسيما عند وجود تشققات حديثة (ليست مطمورة على الحواف الحرة) تقود إلى انفجار أو تشظية للقطعة، أو عند وجود قطرات سمراء تلمع على السطح، أو كذلك وجود نواتج تآكل سمراء في أعماق فوهات التآكل (صورة ٤).



صورة ٤. تآكل نشط للمعادن الحديدية: تكون قطرات سمراء وتشققات (على سيف من العصر الحديدي الثاني. Gournay sur Aronde، متحف Vivenel. تصوير، R. Bertholon).

بالنسبة للسبائك التي أساسها من الرصاص، فإن التآكل النشط لا يكون مرده إلى الكلوريدات (كلوريدات الرصاص تكون صعبة الذوبان). تستمر دورة التآكل نتيجة لوجود أملاح أحماض عضوية (أستات وفورميات الرصاص)، (Organ, 1977; Turgoose, 1985a)، نستطيع التعرف عليها بسهولة عن طريق وجود تكتلات تآكل بيضاء مُتذرية أو عن طريق التذرية الحاصلة للرصاص نفسه (صورة ٥).

ختاماً، نُذّكر بأنه من الأهمية عدم الإكتفاء باعتبار العمليات البادئة للتآكل فيما بين المعدن والوسط، ولكن أيضاً إعتبار العمليات التي تُقرر استمرارية التآكل والتي تكون نواتج التآكل نفسها هي المتسببة فيها جزئياً.



صورة ٥. تآكل نشط للرصاص: ظهور نواتج تآكل بيضاء مُتذرية، (وزن اسطواني من الرصاص (٢١ ، ١٨٥ ، ٢). العصور الوسطى المتأخرة. بلدية Saint-Denis، الوحدة الأثرية.
تصوير R. Bertholon)

بعض المركبات تتواجد على هيئة اشكال بلورية متعددة، مثلاً هيدوركسيد الحديد ويمكن ان نُرجع القارئ للإستفادة من الأعمال الآتية: Weast, 1980; Turgoose, 1985; North, 1987.

مصطلح كيميائي وتعديني	معادلة	لون أو مظهر
فضة:		
اكسيد	Ag_2O	اسود / اسمر
كلوريدات،		
سيرارجيريت Cérargyrite /	$AgCl$	ابيض
امبوليت Embolite	$AgCl/AgBr$	رمادي / ابيض
كبريتات، ارجانتيت، اكانثيت		
Argentite, Acanthite	Ag_2S	اسود
يضاف إلى هذا نواتج التآكل للنحاس المتواجدة غالباً في السبائك المكونة اساساً من الفضة		
نحاس:		
هيدروكسيكربونات،		
ازوريت Azurite	$Cu_3(OH)_2(CO_3)_2$	ازرق
ملاخيت Malachite	$Cu_2(OH)_2CO_3$	اخضر داكن
اكسيد نحاسوز،		
كوبريت Cuprite	Cu_2O	احمر
اكسيد نحاسيك،		
تنوريت Ténorite	CuO	رمادي إلى اسود
اكسيد نحاسوز Nantokite	$CuCl$	ابيض شاحب (شمعي)

مصطلح كيميائي وتعديني	معادلة	لون أو مظهر
كلوريد النحاسيك المائي	$CuCl_2\text{-}2H_2O$	أزرق فاتح
كلوريد النحاسيك القاعدي، اتاكاميت، باراتاكميت Atacamite et Paratacamite	$Cu_2(OH)_3Cl$	أخضر فاتح
كبريتيد، شالكوزيت Chalcosite كوفيليت Covellite	Cu_2S CuS	أسود أزرق / أسود
كبريتات، سيانيت مائي Hydrocyanite	$CuSO_4$	أخضر
كبريتات مائية، انتليريت Antlérite بروكانتيت Brochantite	$Cu_3(SO_4)(OH)_4$ $Cu(SO_4)\ .\ 3\ Cu(OH)_2$	أخضر أخضر
سيليكات، كريزوكول Silicates, Chrysocolle	$CuSiO_3.2\ H_2O$	أزرق / أخضر
قصدير :		
اكسيد القصديريك، Cassitérite	SnO_2	أبيض
اكسيد القصديروز، Romarchite	SnO	أسود
اكسيد القصديروز المائي Hydromarchite	$SnO\ .\ 2H_2O$	أبيض إلى أسمر – أصفر
كلوريد القصديروز	$SnCl_2$	أبيض
حديد :		
أكسيد الحديدوز المائي	$FE(OH)_2$	أخضر فاتح
أكسيد الحديديك المائي	$Fe(OH)_3$	أحمر – أسمر
أكاسيد مائية، Limonite, Goethite, Lepidocrocite, Akaganéite	$FeO(OH)$	أسمر
اكسيد Wuestite	FeO	أسود
اكاسيد حديدي – حديدوز ferro-ferreux ماجنتيت Magnétite	Fe_3O_4 ou $FeO\ .\ Fe_2O_3$	أسود

مصطلح كيميائي وتعديني	معادلة	لون أو مظهر
ماجنتيت مائية	$2\ Fe_3O_4 . H_2O$	أخضر
أكسيد حديديك، هيمتيت Hématite	Fe_2O_3	أحمر – أسمر
أكسيد مائي	$2\ Fe_2O_3 . 3\ H_2O$	
كلوريد حديدوز Lawrencite	$FeCl_2 . 2\ H_2O$	رمادي – أصفر
كلوريد حديديك Melysite	$FeCl_3 . X\ H_2O$	اسمر – أسود
كلوريد اكسيد oxychlorure (تواجد غير متفق عليه)	$FeOCl$	اسمر
كبريتيد، Troilite	FeS	اسود
كبريتيد، Pyrite, Marcassite	FeS_2	اصفر، بريق لامع
كربونات، Sidérite	$FeCO_3$	رمادي
كبريتات، Rozénite	$FeSO_4 . 4\ H_2O$	رمادي
Mélantérite	$FeSO_4 .7\ H_2O$	ازرق – رمادي
فوسفات Vivianite	$Fe_3(PO_4)_2 . 8\ H_2O$	ازرق – أخضر
سيلكات Gruenétrie	$FeSiO_3$	رمادي – اخضر
Fayalite	$FeSiO_4$	
رصاص: اكسيد آحادي Litharge / Massicot	PbO	اصفر – احمر
أكسيد ثنائي Plattnérite	PbO_2	اسمر
كربونات Cérussite	$PbCO_3$	ابيض
كربونات قاعدية Hydrocérussite	$2\ PbCO_3 . Pb(OH)_2$	
كلوريد Cotunite Phosgénite	$PbCl_2$ $PbCO_3 . PbCl_2$	ابيض
كبريتيد، Galène جالينا	PbS	أسود
كبريتات، Anglésite	$PbSO_4$	أبيض

جدول ٣. مصطلحات النواتج الرئيسية للتآكل التي نقابلها على المعادن الأثرية.

المعدن الأثري

في أثناء الحفريات، نجد أنفسنا أمام قطع أثرية معدنية. في الواقع، تكون تلك القطع، قد تحولت فعلاً في أثناء «الحياة التاريخية» لها. فالبري والإصلاحات مثلاً تكون في واقعها تغيرات تؤثر على حالتها، غير أنها تزيد من قدرتها على منحنا المعلومات.

من بداية إكتشاف القطعة، يبدأ «بقاؤها الأثري»، وتُحمل بأدوار إضافية جديدة تماماً يكون من ضمنها كونها واحدة من المعطيات العلمية. القطع المعدنية عند وصولها إلينا تبدو وقد أصابها تغيرات عميقة، فيتغير: الحجم، والشكل، والوزن، والخصائص الميكانيكة وذلك طوال فترة دفنها في الأرض. تكون القطع في أغلب الأحوال غيرمستقرأة. ويكون التعرف على المعدن مسألة حساسة. فلا يسمح لون نواتج التآكل دائماً بالتعرف السريع والدقيق على المعدن وبالأخص في حالة المعادن البيضاء (سبيكة من معادن مختلفة تشبه الفضة) والسبائك.

خطوات العمل المتبعة من المُرمم والقائم بالحفظ تمر بالبحث عن ما يمكن أن يدل على الوظائف المتعددة للقطعة. هذه الوظائف (تقنية، رمزية، أو فنية، إلخ...)، تمليها عامةً الخصائص المعينة للمعدن، سنبحث إذاً عن معرفة خصائص القطعة، المُعرفة بواسطة مادتها: المواد المكونة (معادن، إلخ...)، شكل القطعة، حالة السطح (لون، بريق، إلخ...).

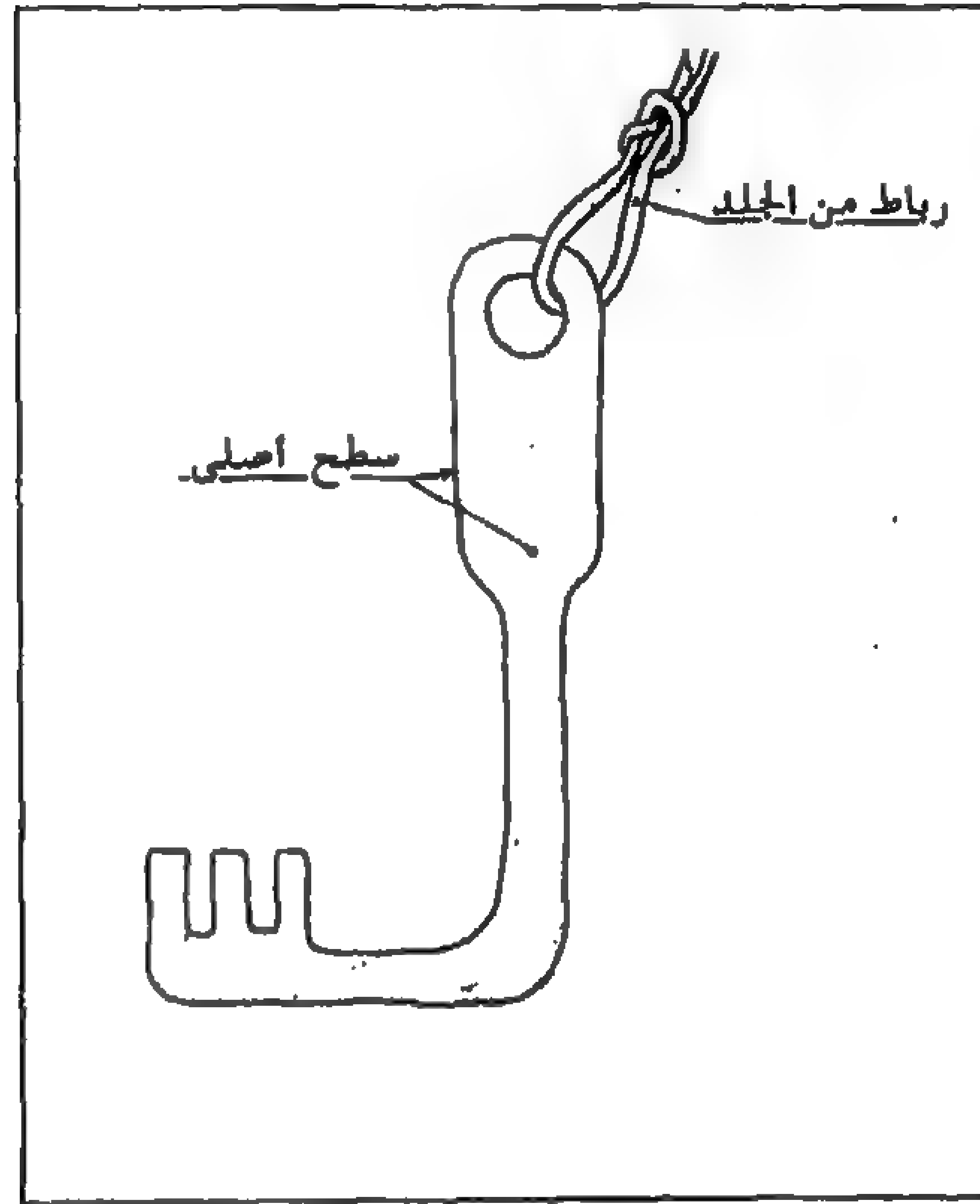
السطح الأصلي

في بحثنا هذا، يكون للسطح مفهوماً هاماً: فهو يعين حدود الجسم وبالتالي شكله. وحيث أنه فاصل بين الجسم والوسط،فإن السطح يُعتبر مفهوم مجرد. ويكون من المهم الا ندمج هنا السطح مع الدعامة المادية له.

إن حالة القطعة عند تركها، هي التي سنبحث عنها بطريقة إرادية أو لا إرادية، عند إجراء معالجات الحفظ والترميم، فهي التي يمكن أن تدلنا

ليس فقط على خصائص القطعة بل أيضاً على استعمالاتها والتحولات التي تعرضت لها خلال «حياتها التاريخية». سنطلق إذاً على سطح القطعة أثناء الترك، السطح الأصلي surface originelle، وهو الذي سنحاول العثور عليه.

السطح الأصلي للقطعة الأثرية هو الفاصل بين ما يخص القطعة (أجزاء معدنية وأجزاء أخرى تعدينية وعضوية) وبين الوسط وقت ترك القطعة.



شكل ٨. مفتاح اثناء فترة الترك.

هذا المفهوم للسطح الأصلي قد ورد ذكره بمعرفة France-Lanord تحت اسم البشرة épiderme (France-Lanord, 1965, p. 6 et 50). سنستعمل هنا تعريف السطح الأصلي لتأكيد مفهوم المحدودية. وبعكس البشرة فإن السطح الأصلي ليس له ماديته. فهو مدعم بمادة القطعة نفسها (القابلة للتغير).

سنطلق عبارة نواتج التآكل الداخلية على ما هو موجود تحت السطح الأصلي، وعبارة نواتج التآكل الخارجية على ما هو موجود فوق السطح الأصلي الذي يحتوي عامةً على مكونات تعدينية وعضوية متعددة نابعة

من وسط الدفن للقطعة (شكل ٩). نواتج التآكل الداخلية والخارجية تلك، يمكن أن تكونا أحياناً متطابقتين ويكون الاختلاف فقط بالنسبة لوضعهما على السطح الأصلي للقطعة.



شكل ٩. مفتاح وقت إكتشافه (شكل مقطعي).

التآكل والسطح الأصلي

تبعاً لمدى ونوع التآكل، فإن السطح الأصلي يكون قابلاً للإصلاح لحد ما. عندما يكون التآكل منتظماً ومحدود التطور، فإن السطح الأصلي يكون سهل الإصلاح ويصبح شكل القطعة قابلاً للتغيير. في المقابل تكون حالة السطح عادةً قد أصابها التغيير وذلك من بداية «الحياة التاريخية» للقطعة. إن تآكل المعدن حتى ولو كان ضعيفاً يكفي فعلاً لتغير اللون والملمس والبريق الذي يمكن أن يختفي تماماً. وهذا هو الحال في الفضة ومعادن مثل السبائك النحاسية والرصاص والقصدير، وحتى الحديد في أجواء تكون ملائمة لحفظهم. ويمكن في هذه الحالة إستقراء القطعة، مباشرةً عند إكتشافها.

هذه الحالة للأسف غير شائعة. إذا كان التآكل المنتظم أكثر شدة، فإن تحول المعدن إلى نواتج تآكل منخفضة الكثافة يسبب تضخم حجم القطعة. وبهذا يصبح السطح الأصلي مغطى ومدعم لحد ما بنواتج التآكل. ومن الآن فصاعداً لن يعود هذا السطح يناظر الحد بين المادة والوسط الخارجي. ويتغير شكل القطعة، وتفاصيل السطح بها، وتطمس الوصلات.

يؤدي التآكل الموضعي إلى تعقيدات جادة. فتكون الفوهات أو الإبر يسبب تآكلاً غير منتظم للمعدن يمكن أن يؤدي إلى تحرك السطح الأصلي، وذلك لأن المادة التي تدعم الفاصل بين القطعة والوسط، في حالة الترك، يحدث بها نتوءاً موضعياً عن طريق نواتج التآكل النابعة من الفوهات (شكل ٩). السطح الأصلي لم يعد إذاً في مستواه الأصلي niveau originel.

في حالة التآكل المُعمم، فإن السطح الأصلي يتعرض للإزاحة في كل نقاط القطعة، قياساً على مستواه الأصلي.

في الثلاث حالات التي تم ذكرهم، تنمو نواتج التآكل فوق القطعة وعلى حسابها. إن السطح الأصلي وإن كان أحياناً قد تم إزاحته، فإنه يبقى موجوداً في قلب نواتج التآكل. غير أنه في بعض الأوساط، تكون نواتج التآكل الخارجية والداخلية مذابة أو مستبعدة ميكانيكياً. ظواهر التآكل أو التعرية تلك، يمكن أن تؤدي إلى فقد غير قابل للعلاج للسطح الأصلي (شكل ٩).

بنفس الحال، يمكن أن تدلنا آثار العناصر العضوية (نباتات، إلخ...) أو أي مواد أخرى مكتشفة في نواتج التآكل الخارجية، على استعمالات القطعة، ومحتواها، وكيفية تخزينها، إلخ... تكون أهمية هذه الآثار أحياناً رئيسية في التفسير الاسترجاعي للقطعة. وهذه الآثار يمكن أن تكون أو لا تكون عارضة. المسألية الأثرية والمعرفة الوثيقة بالقطعة سيتم اعتبارهما دلائلاً للتعريف بالقطعة وإختبار المعالجات اللازمة للحفظ. إن طبيعة وتركيب نواتج التآكل يمكن أيضاً أن تكون حاملة للمعلومات عن الوسط المدفون به الجسم.

تحديد موقع السطح الأصلي

إن البحث عن السطح الأصلي لقطعة ما ينتمي لكونه عملية تنقيب حقيقية. بما أن هذا السطح يعتبر حداً فاصلاً، فإننا لن نتمكن من إيجاده في حد ذاته ولكننا سنحاول أن نحدد موضعه بطريقة شبه دقيقة عن طريق البحث عن دلائل. هذه الدلائل التي تسمح بتحديد موضع السطح الأصلي يمكن أن ترتبط بتكوين نواتج التآكل، أوبوجود زخارف، أومعاملات للسطح، أو ترتبط حتى بآليات التآكل نفسها.

الدلائل المرتبطة بتكوين نواتج التآكل.

عند تكون نواتج التآكل، يكون من المحتمل تضمنها لمكونات دخيلة تكون قادمة من وسط الدفن، وقد يتعلق الأمر بذرات رمال أو عناصر نباتية، إلخ... أصل هذه المكونات يحدد موضعها فوق السطح الأصلي. ويمثل السطح الأصلي الحد السفلي للطبقة المحتوية على هذه المكونات، (Scott, 1985, p. 55). يمكن لنواتج التآكل الخارجية أن تشكل إختلافا في النسيج أو المسامية عن نواتج التآكل الداخلية (Smith, 1976). هذا الاختلاف قد يكون أحياناً مرئياً بالأشعة السينية (أشعة X)، ويمكن أيضاً أن يدركه المرمم عند عملية إزالة نواتج التآكل.

الدلائل المرتبطة بوجود زخارف أو معاملات للسطح

السطح الأصلي يمكن أيضاً أن يتم تحديده بفضل خصائصه الذاتيه. إن وجود زخارف يشير بدقة كبيرة إلى حالته: حفر، دمشقة، ترصيع (صورة ٧ - ب) (Salin, 1957, p. 166)، طلاء بالميناء (Bayley, 1987)، ترصيع الحديد بالميناء السوداء (Moss, 1952; Oddy *et al.*, 1983; La Niece, 1983)، إلخ... وهذا يسري أيضاً على معاملات السطح: القصدرة (Thouvenin, 1970; Oddy; Weil, 1977)، الأكسدة القديمة الملونة بطريقة صناعية (Bimson, 1985; Corfield, 1985)، التصفيح (تغطية السطح بمادة من معدن نفيس) إلخ...

الدلائل المرتبطة بالاتصال بين الأجزاء المختلفة

في أثناء فترة الترك، يسمح الاتصال أو التجميع (بالبرشمة مثلاً)، بين جزئين لنفس القطعة أو بين قطعتين في بعض الأحيان بتحديد حالة السطح الأصلي. حالة السلسلة تُعتبر، من تلك الوجهة، معبرة.

الدلائل المرتبطة بنواتج التآكل

نلاحظ أن بعض نواتج التآكل تكون غالباً موجودة بالقرب من السطح الأصلي. ويحتمل أن يكون ذلك راجعا إلى آليات التآكل. وبهذا فإن الطبقة الجرافيتية التي نلاحظها على القطع من الحديد الزهر المتآكل في الأوساط البحرية والبحيرية (North, 1987, p. 69) أو طبقة أكسيد الفضة على بعض القطع من البرونز، غالباً ما تعتبر هي السطح الأصلي.

وهذا يكون، في بعض الأحيان، حالة طبقة أكسيد النحاس ذو اللون الأحمر (أغلبها من الكوبريت) بالنسبة للقطع من السبائك النحاسية، أو طبقة أكسيد الحديد ذات اللون الأسود (أغلبها من الماجنيتيت) بالنسبة للقطع الحديدية (Knight, 1982; Corrieu, 1988).

هذا المؤشر الأخير يجب أن يُستخدم بحرص شديد وبمنهج إنتقادي، وبالأخص في وجود تآكل مُعمم، الذي يقود غالباً إلى اضطراب شديد للسطح الأصلي.

مجابهة كل هذه المؤشرات فيما بينها، يسمح إلى حد ما بتحديد السطح الأصلي بالتقريب في أغلب الأحيان. يضاف لهذه الملاحظة النقدية، أن اختبار التشققات الحديثة المحتمل تواجدها يمكن أن يفصح عن إستراتيجرافية (تراص) stratigraphie طبقات التآكل. في المقام الأخير، نذكر أن معرفة وفهم القطع هي معطيات هامة لإدراك هذه المؤشرات، وتقدير مدى ملاءمتها.

سيضطرب السطح الأصلي لحد ما تبعا لنوع وشدة التآكل. بالرغم من كون السطح الأصلي غالباً موجوداً، فيما عدا حالة فقد جزء من المادة نتيجة بري أو تشظي، فإنه للأسف لا يكون دائماً قابلاً للإصلاح. عندما يكون التعرف على هذه الدلائل شديد الصعوبة، فإن تحديد مكان السطح الأصلي يصبح إذاً عملية افتراضية.

الحالة الظاهرة على الأجسام المغمورة في وسط بحري أو رطب هي مثال جيد لذلك. تؤدي آلية التآكل البكتيري، إلى تكوين الكبريتات (للحديد والنحاس مثلاً)، التي بداخلها يكون من الصعب التمييز بين هذه المؤشرات (North, 1987, p. 77). فيما عدا الحالة الظاهرة على القطع من الحديد الزهر، فإنه من غير الممكن غالباً، تحديد السطح الأصلي، وتصبح المعلومات الوحيدة التي يمكن الحصول عليها هي المأخوذة من سطح المعدن المتبقي غير المصاب، الموجود تحت السطح الأصلي، أو من السطح الداخلي لغلاف الشوائب، تكون مادة الجسم نفسها في بعض الحالات قد إختفت تماماً.

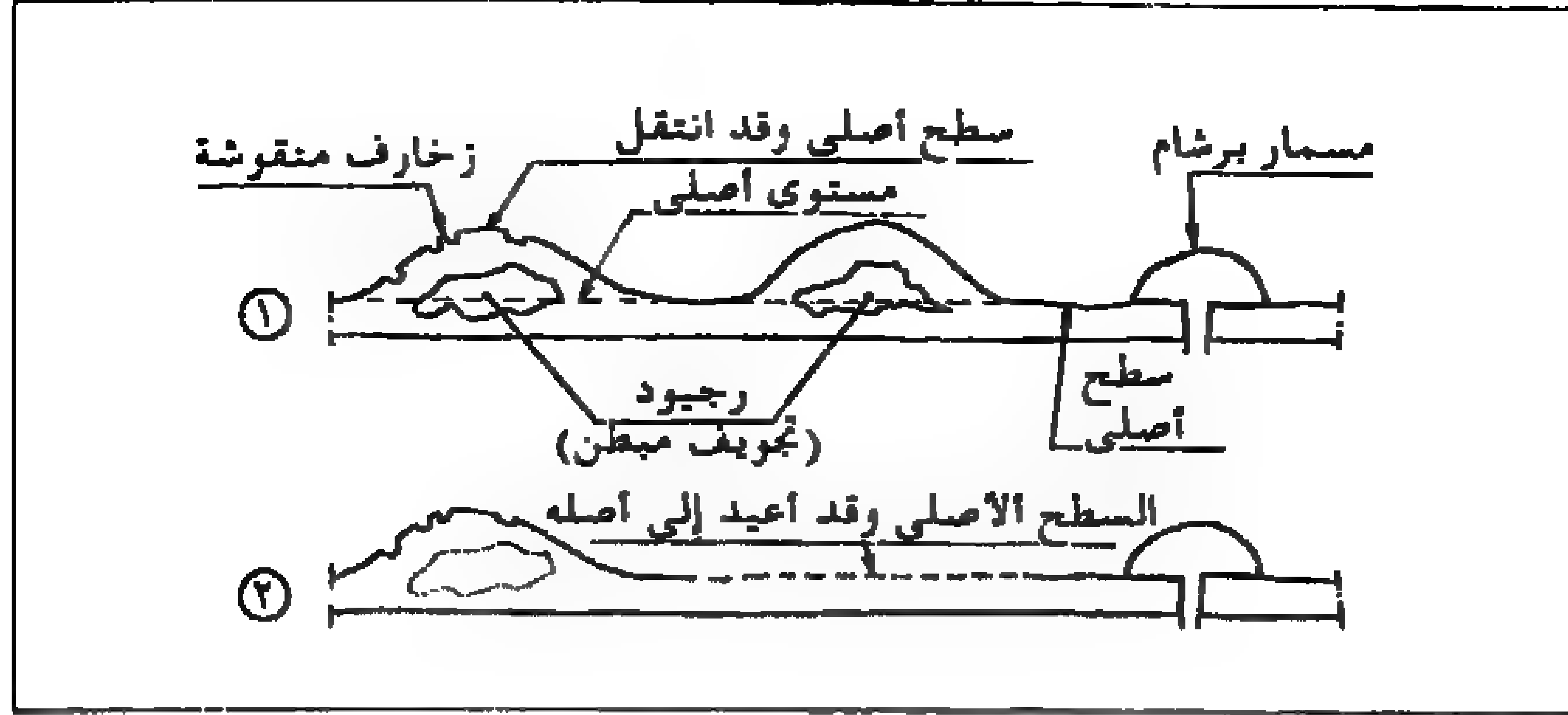
عندما لا يتم التعرف على أي مؤشر، فإن بعض القطع تعتبر غير قابلة للتعامل معها.

إن مفهوم القطعة المعدنية غير القابلة للتعامل معها، لا يكون إذاً مرتبط بالتمعدن minéralisation المتقدم لحد ما للمعدن بقدر ما يكون لغياب المؤشرات التي تُمكننا من تحديد السطح الأصلي.

السطح الأصلي والمستوى الأصلي

عندما يزاح السطح الأصلي، فإن شكل الجسم المُعرف بهذا السطح لم يعد يمثل شكله الأصلي. ما هي المعايير التي تسمح بمعرفة المستوى الأصلي؟ وما هو الشكل الدقيق للجسم؟

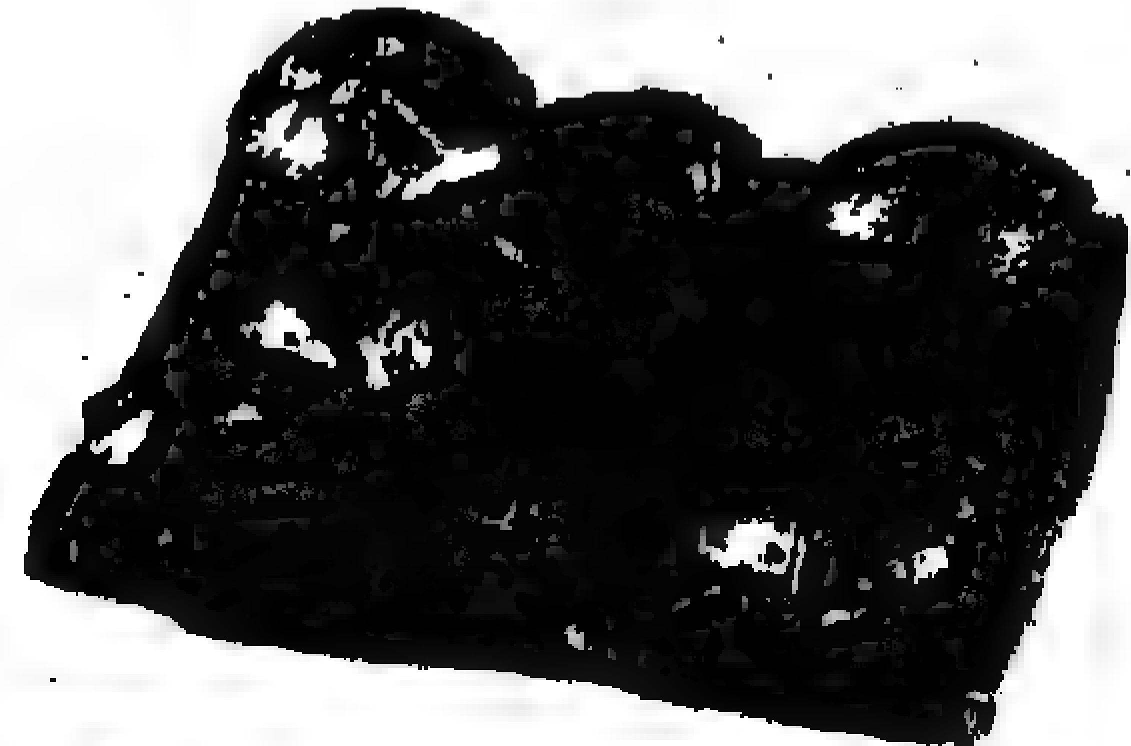
في حالة التآكل الموضعي، فإن إزاحة السطح الأصلي لا تتم إلا فوق الفوهات. ونتعرف على مستواه الأصلي فيما بين فوهات التآكل (صورة ٢). عندما لا يمثل السطح الأصلي حالة سطح معينة (زخارف، أو ما شابه ذلك) والتي يجب إذاً المحافظة عليها (شكل ١٠)، فإنه يمكن في بعض الحالات استرجاع شكل القطعة.



شكل ١٠. استرجاع الشكل الأصلي للقطعة.

في حالة التآكل المعمم فإن الإزاحة الكلية للسطح الأصلي في بعض الأحيان، غالباً ما تجعل إرجاع الشكل الأصلي صعباً، وهي الحالة السائدة في القطع الحديدية.

إن الزخرفة في الصفائح الحلقية المدمشقة من العصر الميروڤانچي هي مثال معروف لذلك. يكون السطح الأصلي هنا سهل التعرف عليه عن طريق الدمشقة. بسبب نتوء السطح الأصلي عن طريق التآكل، تجد الدمشقة نفسها في مستويات مختلفة على الجسم (صورة ٦). يسمح إزالة السطح الأصلي هنا بالتعرف على خاصية أساسية، وهي كون الدمشقة تتواجد في حالة لحدما متغيرة. ولكن إذا ما راعينا هذه الزخارف، التي استطاع التآكل إزاحتها، فإننا لا نعيد دائماً للقطعة شكلها الأصلي. يكون تحديد موقع الدمشقة إذاً موضحاً لأعراض التغيير الذي ألم بالقطعة نتيجة للتآكل.



صورة ٦. إزاحة السطح الأصلي (صفيحة صدرية من الحديد المدمشق بالنحاس الأصفر ذات حديبات من سبيكة نحاسية (١٦,٢٣٧٣,١٧)، العصر الميروڤانچي بلدية سان دونيه الوحدة الأثرية صورة لـ R. Bertholon.

وكذلك بالنسبة للتصفيح، فإنه يمكن له أن ينتوء بفعل نواتج التآكل مما يجعله في غير مكانه.

ولسوء الحظ، فإن المعايير التي تُمكننا من التعرف على المستوى الأصلي للسطح الأصلي المُزاح شديد الاضطراب تكون قليلة. إن المعارف الحالية بآليات التآكل وبمكونات نواتج التآكل للمعادن الأثرية، مازالت محدودة للغاية وهذا على الرغم من أن الدراسات النادرة الجارية تفتح الأمل أمام نتائج مفيدة (Scott, 1985; Robbiola, 1987).

في حالات عديدة، يكون أحياناً من المستحيل إرجاع الشكل الأصلي وتبقى بعض خصائص الجسم غير معروفة.

يكون مثال السيف شديد التآكل معبراً عن هذه الرؤية: إن الكشف عن السطح الأصلي سيقود إلى شريحة نصلية سمكها مخالفاً للسمك الأصلي، وسيكون المظهر المنتفخ بعيداً عن مظهر نصل مشيق ! يصبح سمك النصل هنا، إحدى البيانات التي لا يمكن الاعتماد عليها بسبب ارتفاع طبقات التآكل. يجب إذاً أخذ هذا في الاعتبار بحذر خلال اجراء أية دراسة تصنيفية.

التشوهات الناتجة عن التآكل يمكن حتى أن تقود إلى تفسيرات مغلوطة. فقد تُعطي حالة الانتفاخ تشوهاً منتظماً يصعب التفريق بينه وبين عناصر الجسم كالبرشام مثلاً، (شكل ١٠). لذلك فإنه من المهم، أن تُعرف الخواص الظاهرية للتآكل على حالتها ولا تُخلط مع الخواص الظاهرية للقطعة.

إن تحديد وحفظ السطح الأولي والطبيعة الفيزيوكيميائية للحامل المرتكز عليه هي في قلب مشاكل حفظ وترميم المعادن الأثرية وذلك سواء تعلق الأمر بتنظيف نواتج التآكل الخارجية أو باستقرار التآكل.

بين التنقيب والمعالجة

فيما يتعلق بطرق أخذ العينات، نُرجع القارئ إلى الباب الثاني. سنذكر هنا بعض الإحتياطات الضرورية التي تُسهل من معالجة القطع المعدنية.

تخزين القطع قبل المعالجة يتوقف على وسط الدفن. إذا كانت القطعة قادمة من وسط جاف أو قليل الرطوبة، فيتم حفظها في وسط جاف في وجود هلام (چل) gel من السيليكا اللامائية. أما إذا كانت القطعة قادمة من وسط شديد الرطوبة، فإنه يمكن تخزينها في حمام من الماء المقطر (أو الماء الجاري في حالة التعذر) مع إضافة مانع للأكسدة وذلك عند إمكانية المراقبة المنتظمة لها (أنظر الاستقرارية).

تعتمد فاعلية المعالجة الاستقرارية stabilisation أيضاً على الفارق الزمني القصير بين عملية التنقيب للقطعة وبداية المعالجة (Keene, Orton, 1985). بعض التغييرات الفيزيوكيميائية مثل بلورة بعض المركبات، يمكن أن تغير من مسامية طبقات التآكل وتقلل من فاعلية المعالجات السابق ذكرها. يكون الحال هو نفسه بالنسبة لمعالجات التنظيف والاستقرارية للقطعة المتشققة أو المتشظية أثناء التخزين السيئ، التي سوف تكون حساسة بسبب الهشاشة الشديدة للقطعة.

فيما يتعلق بالحفاظ préservation على القطع المتشظية، فمن بداية التنقيب يكون من الضروري صون الكسور، التي غالباً ما تكون هشة، من التقشر écaillage المحتمل وذلك للتمكين من تجميع الشظايا لاحقاً. ومن هذا المنطلق، فإنه يمكن لنا تخزين الشظايا في غشاء بلاستيكي يحتوي على فقاعات هوائية في وسط جاف أو القيام بتجميع مؤقت باستخدام لاصق رجوعي (من السيلولوز مثلاً) وبالأخص في حالة الأجسام الحديدية. يجب أن نتجنب تغليف الشظايا بمادة مُسترطبة (ورق قابل لإمتصاص الرطوبة أو قطن)، تكون الأكياس السيلولوزية (السيلوفان) مفيدة للتخزين في وسط جاف.

أغراض المعالجة

التدخل عن طريق الحفظ والترميم يندرج ضمن دراسة المتاع الأثري، ومن هذا المنطلق يتم توجيهه تبعاً للمقتضيات الأثرية. أية معالجة يجب أن تتوافق أيضاً مع كل قطعة على حدة وحالة حفظها.

المشاركة بين الآثاري والمرمم تسمح بتوفيق المعالجات مع تلك المقتضيات. سنختار مثلاً التطبيق لمعالجات تثبيت بعينها دون غيرها (Bertholon, *et al.,* 1988)، أو الإقتصار على دراسة صور الأشعة السينية فقط، أو توجيه التنظيف نحو هذا الجزء أو ذاك من القطعة.

وكذلك فإن مجموعات كبيرة من القطع ستطرح مشاكل معينة تتطلب تدخلات ملائمة وغالباً ما تاتي المشاكل المتعلقة بالتكاليف لتضاف عليها (Logan, 1984). حفظ وترميم قطعة أثرية ما، يجب أن يُلبي ثلاثة أغراض رئيسية:

– ضمان حفظها على المدى الطويل؛
– الإفصاح عن المعلومات الأثرية التي تُعتبر القطعة الركيزة المادية لها؛
– السماح باستقراءها وعرضها.

الحفظ على المدى الطويل للقطعة المعدنية يستلزم ليس فقط استقرارية عمليات التآكل ولكن أيضاً التدعيم المحتمل والحماية للقطعة. إن الدراسة والنشر العلمي فيما يخص قطعة ما، لا يمكن أن يعوض حفظ المصدر المادي نفسه الذي يكون المنبع الوحيد الممكن للدراسات المستقبلية، وفي الغالب إذاً الغرض ذو الأولوية في المعالجة.

يُكشف عن المعلومات الأثرية بواسطة نوعين من الاستقصاء:

– المعرفة بالمواد المكونة للقطعة عن طريق عدة تحليلات تبدأ من الملاحظة المتعمقة التي تدور وقت المعالجة وتصل إلى الاستقصاء بدقة أكبر، مما يتطلب أجهزة وقدرات بشرية تختلف عامةً عما تتطلبه عملية الترميم (LRMF, 1985)؛

- المعلومات التي تخص شكل وحالة سطح القطعة، لن تكتمل المعرفة بها إلا بتنظيف وتجميع القطعة.

الحفظ و الترميم للقطعة المعدنية يشتمل على عدة تدخلات معروضة بالجدول رقم ٤، ومُجمعة على أربعة مراحل:

- توثيق واختبار وتشخيص؛
- اختيار المعالجة؛
- المعالجة؛
- توثيق وتخزين.

توثيق، اختبار، وتشخيص	تخزين تصوير ملاحظة ميكروسكوبية قياس، رسم، توثيق أثري،تصوير بالأشعة السينية (X) وتحاليل (محتمل)
اختيار المعالجات (بدلالة الأهداف والتشخيص)	برنامج التدخلات الواجب تنفيذها إختيار التقنيات اللازمة إختيار ترتيب المعالجات
معالجة	استقرارية* لصق حسب ترتيب معين تنظيف* تدعيم ترميم تجفيف حماية * تحذير، بعد كل حمام كيميائي: نُجري شطف - تجفيف
توثيق وتخزين	تصوير تقرير عن المعالجة تغليف القطعة - تخزين

جدول ٤. خطة تنظيمية لحفظ وترميم قطعة اثرية معدنية.

بعد بيان الوسائل اللازمة للاختبار، سنقترح في الجزء التالي منهجية ملاحظة القطعة وسنتطرق إلى اختيار طريقة المعالجة.

وسائل الاختبار

الوسائل الرئيسية اللازمة أثناء الاختبار هي كالآتي: الملاحظة البصرية (بالعين المجردة أو بعدسة ثنائية العينية)، التصوير بالأشعة السينية (X)، التحاليل.

أثناء الملاحظة البصرية، فإن أداة بسن صلب (مشرط مثلاً) تسمح بالحكم على تماسك المواد.

بسبب التحول العميق للمعدن وبالتالي للقطعة فإن التصوير بالأشعة السينية يمكن أن يقدم معلومات قيمة (Drilhon, 1976; Meyers, 1978).

نُذكّر أن الصورة التي نحصل عليها من فيلم بالأشعة السينية تعتمد على:

– القطعة: التكوين الكيميائي، المسامية، سمك المادة؛

– فيض flux الأشعة السينية: المميز بالطول الموجي للأشعة المعتمد على جهد الأنبوبة (بالكيلوڤولت kV)، وعلى جرعة الأشعة التي تعتمد بدورها على كل من شدة التيار (بالملي أمبير mA) وزمن التعرض (بالدقائق أوالثواني) معاً (LRMF, 1985, p. 87-103).

على صورة بالأشعة السينية radiographie X، فإن المناطق الفاتحة تبين شدة إمتصاص الجسم للأشعة السينية، في حين تكون المناطق الداكنة علامة على ضعف الإمتصاص.

بعض أخطاء التفسير interprétation يمكن تجنبها إذا ما تذكرنا أن صورة الأشعة السينية هي إسقاط مخروطي للقطعة على مستوى. وينتج عن هذا تكبير للصورة بالنسبة للقطعة، وظهور تموه هندسي في الشكل الحدودي (الكنتور)، ويكون هذا راجعاً إلى المسافة بين الجسم والفيلم وقت أخذ تلك الصورة، بجانب أسباب أخرى، مثل سمك القطعة.

إن تفسير صورة الأشعة السينية المأخوذة في وجود القطعة مع معرفة بيانات التعرض للأشعة، يمكن أن يعطينا دلائلاً على الصفات الآتية (LRMF, 1985):

للمعادن شديدة التآكل

- البناء الداخلي للجسم؛
- تواجد المواد المختلفة بغير تعريفها بدقة: الحديد، الفضة، النحاس، السبائك، إلخ... (صورة ٧ - ا)؛
- تعيين موقع السطح الأصلي: الشكل الأصلي للقطعة يكون أحياناً مرئياً بسبب الفرق بين كثافة نواتج التآكل الداخلية والخارجية؛
- حالة التغيير: تشوهات، نتوءات، تشققات.

من جانب آخر، يُعد تحديد وجود أوغياب المعدن النقي مسألة حساسة؛ فكثافة الصورة (فاتحة أو داكنة) تكون معتمدة على السمك ومعاملات الإشعاع.

للمعادن قليلة التآكل

في هذه الحالة وعلاوة على النقاط التي أثيرت سابقاً، والتي تكون غالباً مرئية، فإنه يمكن لنا أن نحدد أيضاً:

- تجانس أو عدم تجانس المعدن أو السبيكة؛
- تقنيات التصنيع: الصب لجسم مصمت أومجوف (بدرع أو بدون)، عيوب الصب، التطريق؛
- تقنيات التجميع: برشمة، لحام بالقصدير، لحام بالنار، إلخ...؛
- تقنيات الزخرفة؛
- مدى استفحال التآكل، الترميمات القديمة والحديثة.

إختبار القطعة

سنقدم هنا مخططاً إرشادياً لاختبار القطعة. ومن الواضح أن الترتيب المقترح لن يكون منهجياً، غير أنه يتعين العمل باستمرار بخطوات للأمام والخلف فيما بين الملاحظات المأخوذة، قبل وأثناء المعالجة. في الواقع، فإن حالة حفظ القطعة لا تسمح لنا دائما بتجميع كافة الملاحظات من البداية. وقد اتضح لنا أنه من الأبسط تجميع النقاط المختلفة على جزئين (جدول ٥):

- حالة القطعة.
- صفات القطعة.

الحالة الفيزيوكيميائية للقطعة: - ما هي طبيعة مواد التكوين (معدن او مواد اخرى)؟ - هل التآكل متجانس، موضعي، ام مُعمم؟ - ما هي صفات طبقات التآكل؟ * اللون: يمكن ان يُعطي دلائلاً على طبيعة نواتج التآكل الرئيسية (انظر التآكل). في حين انه يجب ان نتعامل مع تلك الدلائل بحرص (فالتعرف عليها يكون معتمداً فقط على التغيرات أو الاختلافات في اللون، والتواجد الشائع لمزيج من نواتج تآكل مختلفة). * مكونات دخيلة (حبيبات رمل، مواد نباتية، إلخ...)، * تماسك، مسامية، التصاق، تشققات، * إستراتيجرافية. - هل الجسم هش (وجود تشققات، إلخ...)؟ - هل يوجد معدن متبقي؟ - هل نتعرف على علامات تآكل نشط؟ - ما هي الفروض التي يمكن ان نقدمها بخصوص كيفية إحلال هذا التآكل؟ **صفات الجسم:** - هل القطعة كاملة أم ناقصة ؟ - ما هي ابعادها؟ وهل تدلنا على التعرف عليه؟ - ما هو وضع واتجاهات العناصر العضوية المحتملة أو آثارها المتمعدنة؟ - ما هو شكل القطعة؟ هل هي جوفاء؟ - هل هناك زخرفة (حفر، نقش، تصفيح، دمشقة، طلاء، تطعيم، إلخ...)؟ - هل نجد آثار التصنيع (من النادر حفظها على المعادن شديدة التآكل)، إصلاحات، أو ترميمات قديمة؟ - ما هي الفروض التي نستطيع أن نقدمها فيما يتعلق بالتعرف على الجسم، وظيفته أو استعمالاته؟ - هل يمكن إقامة مقابلات تصنيفنية؟

جدول ٥. اختبار القطعة.

بفضل الملاحظة لبعض الدلائل والتصوير بالأشعة السينية X، فإننا نسعى بعد ذلك لتوقيع السطح الأصلي، ضمن إستراتيجرافية طبقات التآكل.

نستطيع أن نعين خمس حالات رئيسية:

- السطح الأصلي يتطابق مع السطح الحالي

تلك هي حالة القطعة غير المتآكلة. تكون المادة الحاملة للسطح الأصلي معدنية والمعلومات ظاهرة بطريقة مباشرة. هذه الحالات تكون نادرة ولا تمثل بالطبع صعوبات خاصة.

- السطح الأصلي يكون مختفياً تحت رواسب قادمة من وسط الدفن (رسوبيات جيرية، حيوانات بحرية، إلخ...).

في هذه الحالة، تكون المادة الحاملة للسطح الأصلي معدنية. وسيُكشف عن المعلومات عند إزالة الرسوبيات.

- السطح الأصلي يقابل الفاصل البيني فيما بين طبقتي تآكل يكونا ذوات طبيعة فيزيوكيميائية مختلفة.

- السطح الأصلي يكون موضعه بين طبقتين من طبقات التآكل من نفس التكوين ونفس التركيب.

في هذه الحالة، يمكن التعرف عليه عن طريق الأثر الظاهر في قطاع مستعرض. وقد كُشف عن تلك الحالة منذ زمن طويل (Organ, 1977; p. 123; France-Lanord, 1980, p. 41).

بصمة السطح الأصلي يمكن أن تُحفظ بواسطة نواتج التآكل أوغلاف الشوائب (مواد مختلفة نابعة من وسط الدفن وملتحمة عن طريق نواتج التآكل)، يمكن لمادة الجسم إذاً في بعض الحالات أن تختفي كلياً (حالة بعض المواد القادمة من وسط ممتلئ بالماء). في الواقع، يمكن لكثير من الحالات أن تتمثل على نفس القطعة الواحدة. وقد لا نتمكن أحياناً من تحديد السطح الأصلي إلا بطريقة جزئية. أخيراً، نُذكر أن السطح الأصلي يمكن له أن يختفي في حالة الفقد للمادة.

اختيار طريقة المعالجة

بدءاً من التشخيص الذي نُقيمه لحالة حفظ القطعة، فإنه يبقى لنا تقرير ما يجب أداؤه من تدخلات (استقرارية التآكل، تدعيم، تنظيف)، والتقنيات المتبعة وبيان كيفية عملها.

يكون التشخيص هو المرحلة الأساسية في المعالجة. ولما كان من غير الممكن دائماً القيام بفحص الجسم بالكامل قبل أي تدخل، فإن التشخيص يجب أن يكون باستمرار قابلاً للمراجعة. كل الملاحظات السابقة التي تم القيام بها أثناء المعالجة تخضع لاختبار نقدي يسمح بتأكيد وتدقيق أوحتى إبطال التشخيص الأول.

ترتيب التدخلات هو أيضاً أساسي عند اختيار المعالجة. الإستقرارية يمكن ان تُعمل قبل أوبعد التنظيف، وهذا يسري أيضاً على التدعيم. ترتيب التدخلات يتم اختياره تبعاً للسلوك المنتظر للقطعة وتأثير كل تدخل على الكفاءة اللاحقة للتدخلات الأخرى.

تنظيف - تدعيم - لصق - ترميم

تم تجميع هذه الطرق هنا، لاسهامها في استقراء القطعة. إذا كان التنظيف ينطوي على أهمية خاصة جداً بالنسبة لمعالجات المعادن الأثرية، التي تكون عامتاً قليلة الوضوح وقت النبش عنها exhumation، فإنه غالباً ما يكون من الضروري القيام بعمليات التدعيم واللصق معاً وهذا يسهل من السياق الآمن للتنظيف مع الإسهام في استقراء القطعة.

ويتضح مما رأينا من قبل، أن الهدف من التنظيف هو الكشف عن المعلومات التي تكون القطعة هي الركيزة المادية لها والتي يفصح السطح الأصلي عنها جزئياً.

التنظيف يستتبع إزالة نواتج التآكل الخارجية، وهي عملية توجهها الدلائل المختلفة، مما يسمح بتحديد موضع السطح الأصلي.

في حالة ما إذا كان السطح الأصلي قد تم إزاحته أو اختفي، فإنه يتعين إذاً إيجاد هذا السطح، عندما تسمح الظروف بذلك، وبهذا نسترجع الشكل الأصلي للقطعة.

ومن المناسب هنا التأكيد على الصبغة اللارجوعية للتنظيف الذي إذا أسيئ القيام به يمكن أن يؤدي إلى فقد لا يستعوض للمعلومات. فمن المهم إذاً توصيف، أو في بعض الحالات الاحتفاظ بالمواد الدخيلة (عناصر عضوية أو أخرى)، الموجودة في نواتج التآكل والتي ستزال في نفس الوقت معهم.

بدءاً من تحديد موضع السطح الأصلي سيتم اختيار نوع التنظيف (ميكانيكي، كيميائي، إلكتروليتي) والتقنية التي ستطبق (سفع مِكروي بالرمال microsablage، حمام من المركبات المعقدة complexant، تحليل كهربي électrolyse، إلخ...).

إذا كان الهدف من أي تنظيف هو الوصول إلى تخليص دقيق للسطح، فهذا لا يكون حكراً على تقنية بذاتها. فأي تقنية عندما يتم توافقها مع حالة حفظ القطعة وتوظيفها بشكل صحيح، يمكن لها أن تلبي هذا الغرض.

قبل أن نستطرد في سرد الأنواع الرئيسية للتنظيف، نوضح أن التقنيات الميكانيكية والكيميائية (ما عدا بعض الاستثناءات) لا تسمح بإزالة نواتج التآكل النشط (انظر الاستقرارية).

التنظيف الميكانيكي

أساس التنظيف الميكانيكي هو ممارسة إجهاد موجه لتفكيك أو سحج نواتج التآكل الخارجية.

بدون تعمد اللّجوء لاستيعاب جميع الحالات، فإننا يمكن أن نعين العديد من الحالات العامة يكون فيها من الضروري ممارسة التنظيف الميكانيكي:

– السطح الأصلي يكون مغطي بترسبات ضعيفة الالتصاق؛

– طبقة نواتج التآكل التى تحمل السطح الأصلي تكون غير متجانسة، ومسامية (كلوريد النحاس، هيدروكسيد الحديد مثلاً)، أو قليلة الالتصاق (تصفيح، قصدرة). الغمر البسيط أثناء التنظيف الكيميائي يمكن أن يؤدي إلى فقدان السطح الأصلي؛

– السطح الأصلي يمكن أن يكون مُضمغاً داخل طبقة من طبقات التآكل (نواتج التآكل الداخلية والخارجية تكون من نفس الطبيعة والتركيب). التنظيف الكيميائي قد يمثل خطورة بحيث يؤدي إلى محو طبقة التآكل كلياً والعمل إذاً على اختفاء السطح الأصلي؛

– بصمة السطح الأصلي تكون محفوظة داخل غلاف الشوائب؛

– في حالة الأجسام المركبة (معدن مع زجاج، ميناء مطلي، حجر صَلب) تكون الطرق الميكانيكية وحدها قادرة في أغلب الأحوال على إزالة نواتج التآكل دون إتلاف للمواد الأخرى.

إذا كانت الحالات التي سبق ذكرها تستدعي استعمال التنظيف الميكانيكي وحده، فإنه في أغلب تلك الحالات تستكمل أيضاً هذه الطريقة بالتنظيف الكيميائي والإلكتروليتي.

ترتب الوسائل الميكانيكية لتخليص السطح على حسب طريقة عملها (نقر، معالجة بالذبذبة، سحج) وهي تُختار على حسب الحالة الفيزيائية لنواتج التآكل، وموقع السطح الأصلي ومقاس القطعة. ولا يُنصح بإتباع هذه الطرق بل حظرها في حالة المعادن القابلة للطرق (الرصاص وسبائكه). حتى نتمكن من السيطرة بطريقة أكثر حساسية على عملية تخليص السطح، فإن التنظيف يتم تحت عدسة مزدوجة العينية (تكبير ٥ ،١٠ ، ٢٠ مرة) وهذا بغض النظر عن التقنية المستخدمة.

التنظيف بالنقر piquage

يتم بواسطة نصل مشرط أو إبرة، يُراعى أن يكون الإجهاد موجها عمودياً على سطح المعدن، بحيث لا نحزه، ويعمل النقرعلى تفكيك نواتج التآكل التي على شكل صفائح (Cleaning, 1983). والأمر هنا يتعلق بمبدأ عام

يتغير عملياً على حسب تكوين طبقات التآكل والشخص القائم بالتشغيل. يُستعمل التنظيف بالنقر في حالة طبقات التآكل قليلة السمك وعلى القطع صغيرة الحجم.

إذا تراءى لنا كون تلك التقنية سهلة التنفيذ لعدم تطلبها معدات غالية الثمن، فإنها لا تبدو خالية من المخاطر. في الواقع، يعمل التنظيف بالنقر على إيجاد ضغط شديد على الجسم، وهذا يُعرضه للتشقق أو حتى الكسر. في حالة ما إذا كانت نواتج التآكل الحاملة للسطح الأصلي ضعيفة الالتصاق، فإن القوى المؤثرة يمكن أن تؤدي إلى تطايرالشظايا الذي قد يؤدي بدوره إلى خسارة موضعية للسطح الأصلي لا يكون في الإمكان تعويضها. التنظيف بالنقر قد يسمح بفتح غلاف الشوائب في حالة ما إذا كان أثر السطح الأصلي محفوظاً فيها. نعمل بعد ذلك على تنظيف الجيوب، ثم يصب قالب لعلامات الأثر باستخدام راتنج السيلكون (Katzev, Van Doornink, 1966; North, 1987, p. 231).

التنظيف بالذبذبات vibrations

الذبذبات تسمح بانفصال نواتج التآكل لأنها تنفذ إلى قلب القطعة، فينبغي ألا نعرض قطعة شديدة الحساسية أو متشققة لهذه الذبذبات.

عن طريق إزميل النحات تسري الذبذبات وتسمح بالتخلص من نواتج التآكل شديدة الكثافة (Eichhorn, 1983).

في حالة التنظيف بالموجات فوق الصوتية (تردد بين ١٠ و٥٠ كيلوهارتز)، تنتقل الذبذبات للجسم عن طريق سائل (Organ, 1959). عند الترددات فوق الصوتية يحدث تفريغ هواء في السائل، وبانقضاء هذا التفريغ تتولد حركة سريعة للسائل على سطح الجسم، هذا ما يسمى بالتجويفية cavitation. هذه الحركة تكافئ فعل ميكانيكي يسمح بتفكك نواتج التآكل (Cleaning, 1983).

– الكافيترون هو جهاز يسمح بتنظيف نُقطي دقيق لكونه مجهز بسن (Mourey, 1987a)،

- حوض الموجات فوق الصوتية: تكون القطعة مغمورة في حمام (ماء أو كحول) داخل وعاء موجود نفسه في قاع حوض مملوء بالماء. هذه التقنية يمكن أن تُستعمل بالمشاركة مع تنظيف كيميائي بواسطة الغمر في حمام المعالجة. وقد يتضح فائدتها الكبيرة في تفكك مجموعة من القطع الملغمة في غلاف من نواتج الشوائب (عملات معدنية مثلاً).

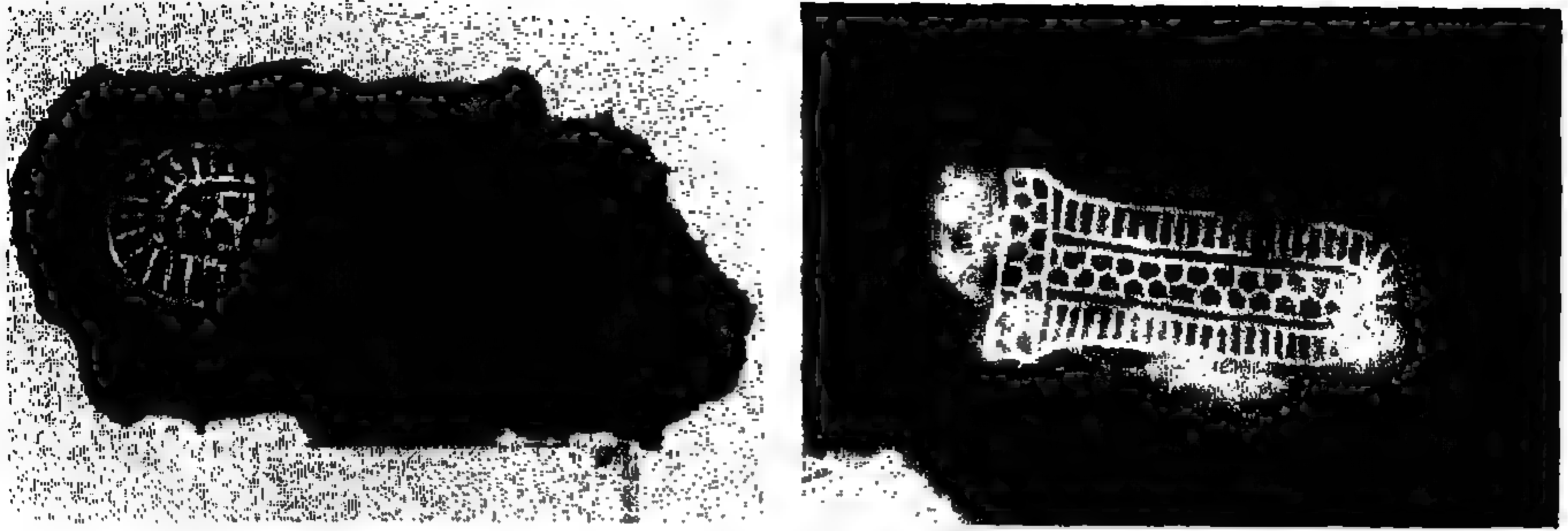
هذا التنظيف يظل في جميع الحالات صعب التحكم فيه، وسنلجأ إلى القيام بغمر متعدد لمدد قصيرة (بضع عشرات من الثواني) حتى نتأكد من أنه سيحافظ على السطح الأصلي للقطعة.

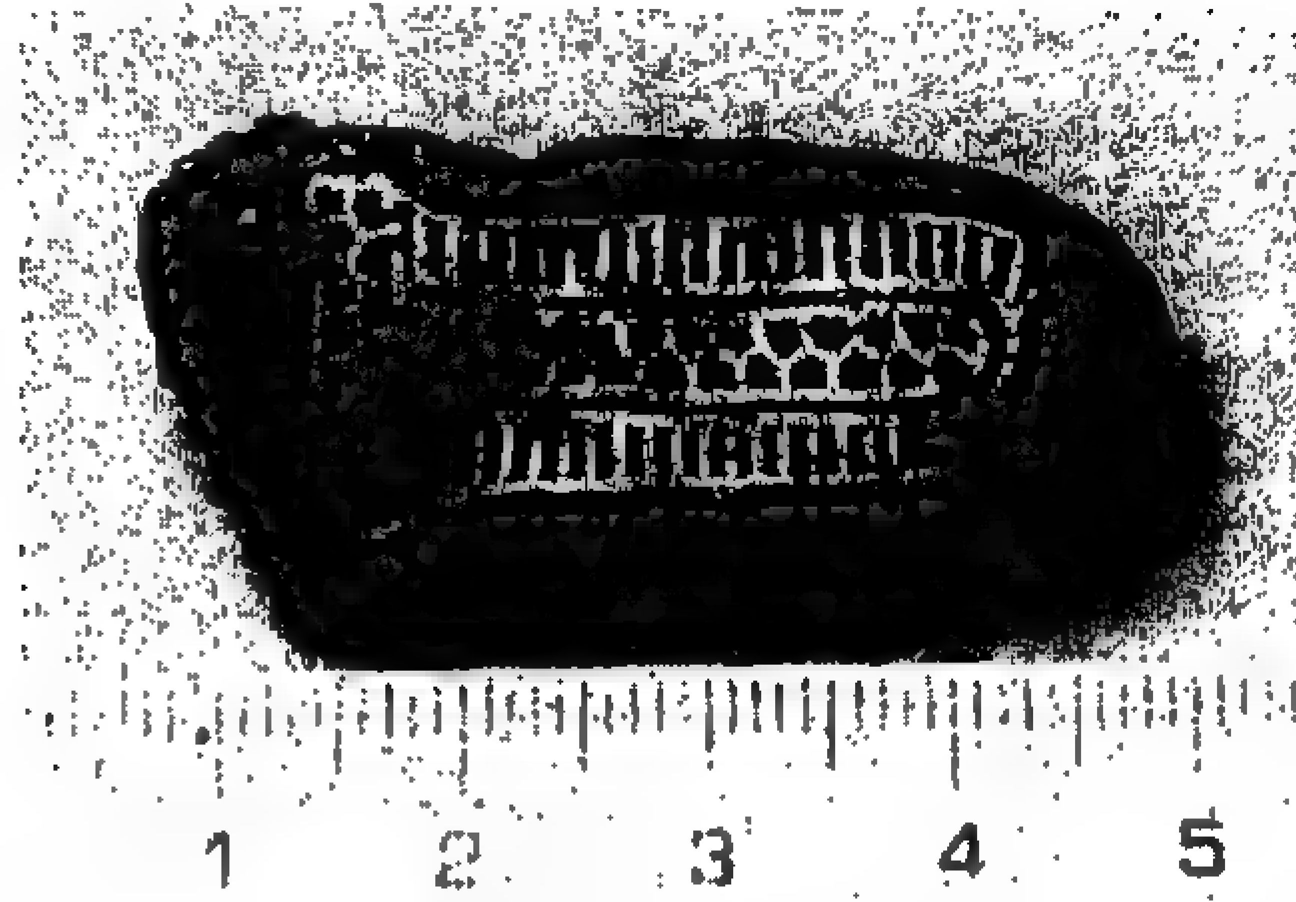
التنظيف بالسحج abrasion

التجليخ meulage، يتم عن طريق مخرطة مِكروية (متناهية الصغر) micro-tour، من النوع المستخدم في صناعة الأسنانِ التعويضية (٥٠٠٠ إلى ٢٥٠٠٠ لفة / دقيقة)، مركب عليها أحجار تجليخ ذات مقاسات، وأشكال، ودقة حبيبات وصلادة مختلفة (كاوتشوك، ألومينا بلورية corindon، ماس، إلخ...). سرعة الدوران مع صلادة ونعومة حجر الجلخ يتم اختيارهم على أساس صلادة وسمك طبقة التآكل التي يراد إزالتها (الصورتان ٧- ب و٧- ج).

علاوة على ذلك، فهو يسمح بالتفريق جيداً بين طبقات التآكل المختلفة، وبالأخص عند تنظيف القطع الحديدية التي تكون عملية إيجاد علامات تحديد موقع السطح الأصلي فيها معتمدة أساسا على الاختلاف في التجانس، والمسامية، واللون فيما بين طبقة الهيدروكسيد وطبقة الماجنيتيت.

الذبذبات القوية المفروضة على القطعة أثناء التجليخ غالباً ما تحتم القيام بالتدعيم حتى نتلافى التقشر desquamation، بطريق الخطأ، لطبقات التآكل الحاملة للسطح الأصلي.





صورة ٧. مثال للتنظيف الميكانيكي بالسحج لقطعة من الحديد مدمشقة بالفضة، ا– صورة بالأشعة السينية قبل التنظيف، ب– أثناء التنظيف، ج– بعد التنظيف (Clermont Viscourt، بلجيكا، تصوير R. Bertholon).

السفع بالرمال sablage، وهو عبارة عن إطلاق جزيئات مُصنفِرة عن طريق غاز موجه (الهواء المضغوط في أغلب الأحيان). يسمح قلم بتوجيه تيار المواد الُمصنفرة إلى نقطة موضعية. تبعاً لنواتج التآكل المطلوب إزالتها، فإننا يمكن أن نغير من ضغط الهواء (من ٣ إلى ٨ بار) أو قطر المنفث (فونيه)، أو زاوية سقوط تيار الجزيئات وكذلك مقاسها وصلابتها (Mourey, 1987, p. 42). الحجم الصغير للجزيئات (من ١٥ إلى ٧٥ ميكرومتر) يسمح باستعمال تعبير رش مِكروي بالرمال micro-sablage عند تنظيف المعادن الأثرية. المواد المصنفرة المستخدمة في أغلب الحالات هي بيكربونات الصوديوم، كرات الزجاج المِكروية، الألومينا، كربيد السيليكون.

هذه التقنية تسمح بإزالة طبقات التآكل الكثيفة كما تسمح بإزالة الطبقات الضعيفة الالتصاق أيضا لأن الضغط المبذول على القطعة يكون

منخفضاً للغاية وموضعي لحد كبير. علاوة أيضا على أنها لا تسبب ذبذبات في عمق القطعة.

في المقابل، وعلى عكس التجليخ، لا تسهم هذه الطريقة في الكشف عن الإختلاف في الألوان، والأنسجة لنواتج التآكل: إستقراء علامات توقيع السطح الأصلي غالبا ما تصبح أكثر صعوبة. ويمكن لهذه الطريقة أيضاً أن تتسبب في محو اختياري لنواتج التآكل الأقل صلابة، بدون الأخذ في الإعتبار السطح الأصلي، وكذلك سحج مواد أخرى تكون موجودة: مواد عضوية، زجاج، ميناء، إلخ...

يجب أن يتم التنظيف بالتجليخ والرش بالرمال بالضرورة تحت قبة (مدخنة) مزودة بشفاط هواء، وذلك لأن تراب نواتج التآكل والمواد المُصنفرة يمكن أن يكون شديد السُمية بالنسبة للقائم بعملية التنظيف.

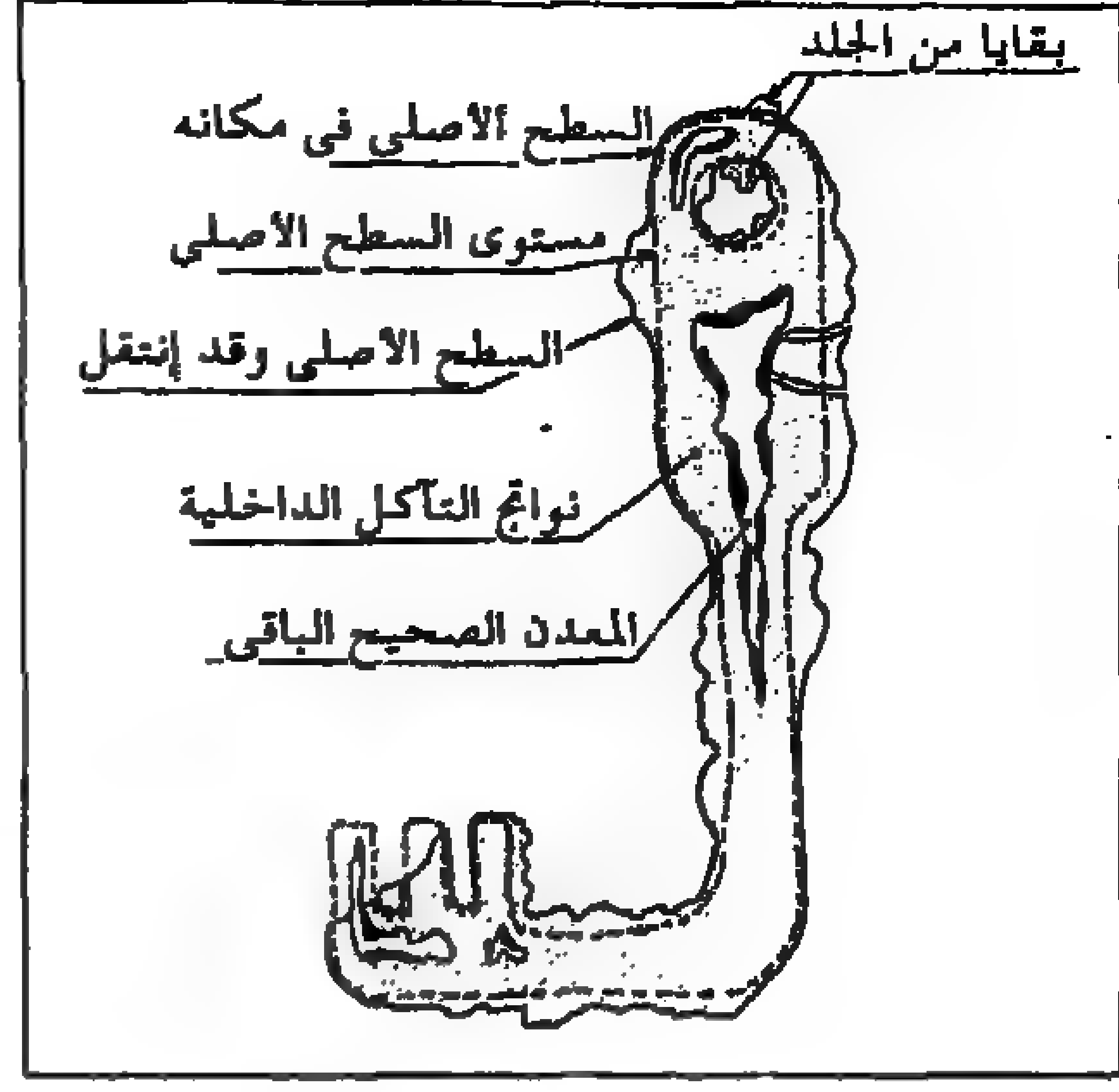
حالة عملية لتنظيف ميكانيكي

في مثال المفتاح الحديدي (شكلي ٨ و ٩)، يكون المعدن شديد التآكل، وتظهر تشققات في نواتج التآكل، وفي أغلب الأحيان يحدث نتوءات بالسطح الأعلى (ينتؤ).

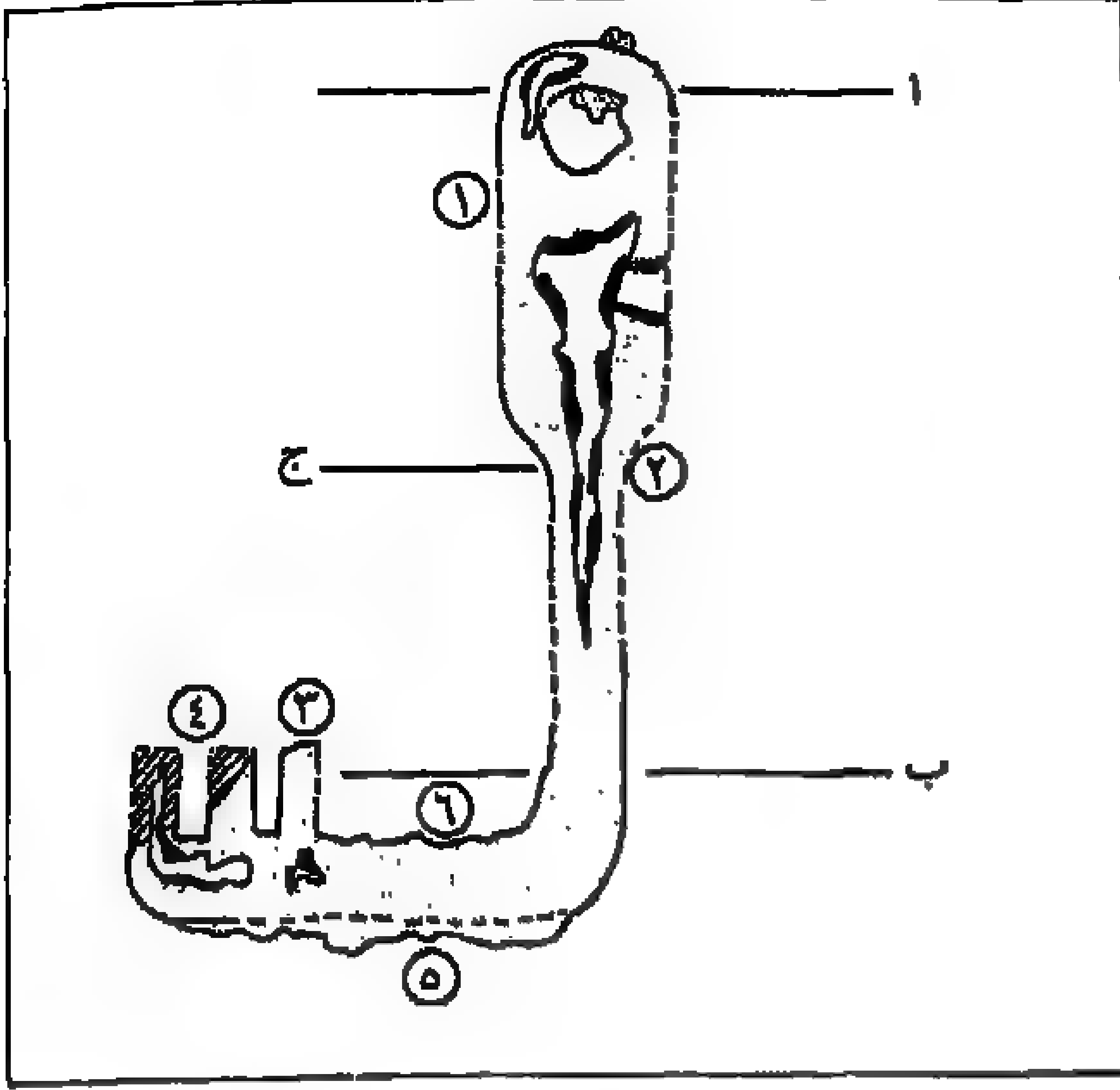
عندما تكون نواتج التآكل الداخلية من نفس طبيعة نواتج التآكل الخارجية، فإنه يكون من الضروري هنا القيام بالتنظيف الميكانيكي.

في المرحلة الأولى (شكل ١١)، نكشف عن السطح الأصلي بمساعدة دلائل منها: مكونات دخيلة قادمة من وسط الدفن، على سبيل المثال (حبيبات من الرمال). يكون من الضروري القيام بتخليص السطح الأصلي ميكانيكياً بطريقة متجانسة على القطعة بأكملها.

في المرحلة الثانية (شكل ١٢)، نحاول في حدود الأمكان، إيجاد الشكل الأصلي. عملياً، يمكن للمرمم القيام بهاتين العمليتين معاً.



شكل ١١. مفتاح بعد تخليص السطح الأصلي (منظر مقطعي).



شكل ١٢. مفتاح بعد التنظيف والاسترجاع (منظر مقطعي).

المفتاح في شكل ١٢ يكون غير مطابق تماماً للمفتاح قبل الترك (شكل ٨). لماذا؟ في الواقع، لا يكون في الإمكان إرجاع الشكل الأصلي إلا في بعض نقطاط من القطعة:

- في (١)، يكون موضع السطح الأصلي من كلتا ناحيتا النتوء، الذي يمكن إذا سحجه (حالة مماثلة للشكل ١٠)؛
- في (٢)، بيانات الأبعاد الهندسية للقطعة تعطي لنا بعض الدلائل: بدءاً من المقاييس العرضية - ا و ب، والإنحناء ج الذي عنده يكون السطح الأصلي في مكانه، وبهذا يمكن لنا استرجاع الإنحناء الثاني (يكون محور الثقب معلوماً)؛
- في (٣)، فهم وظيفة الجسم تسمح باسترجاع سنة المفتاح.

في الثلاث حالات السابقة، يتم إسترجاع الشكل الأصلي عن طريق تخليص السطح؛

- في (٤)، يُسترجع الشكل الأصلي عن طريق ملئ النقص: الارتفاع الأدنى للسنتين الناقصتين لسن المفتاح يمكن الحصول عليه من ارتفاع المعدن السليم الباقي في إحدى الحالات، ومن نواتج التآكل في الحالة الأخرى؛

من الوجهة الأثرية، يمكن لنا إيقاف الإحلال restitution عند هذا الحد، غير أن الفهم لوظيفة القطعة وكذلك التناظرات النمطية مع المفاتيح الجالورومانية (Halbout *et al.*, 1987, p. 64) تبين أن الأسنان الثلاثة لسن المفتاح كان يستوجب عليها في الغالب أن تكون بنفس الإرتفاع: نستطيع أن نسترجع السنتين بشكل مطابق بواسطة إحدى الراتنجات.

– في (٥) و(٦)، لا توجد أية بيانات تسمح باسترجاع الشكل الأصلي.

إذا كان تخليص القطعة التجليخ ليس عبارة عن «نحت» لطبقات التآكل بها، فهو لسوء الحظ لا يسمح دائماً بالعثور على الشكل الأصلي للقطعة. عندما يكون ذلك الشكل الأصلي قابلاً للاسترجاع، فإن ملاحظة التآكل والشكل الخارجي ووظيفة القطعة هم الذين يمنحوننا الدلائل اللازمة.

يتحتم عند إجراء التنظيف الميكانيكي للقطعة أن يكون للمرمم والقائم بالصيانة خبرة كبيرة ودراية بجميع التقنيات المتاحة والموجودة تحت تصرفه. هذه التقنيات غالباً ما يتضح خطورتها إذا ما نفذت بشكل سيئ، وهذا على خلاف الرأي المنتشر عامة. وتكون خطرة على تماسك القطعة نفسها، لأنها توظف ضغوط وذبذبات عالية، ولكونه من الجائز، أثناء التنظيف وبسبب عدم الحرص إزالة السطح الأصلي في بعض النقاط. وأخيراً، يتضح أن تلك التقنيات طويلة الأمد عند تطبيقها، لكون المرمم والقائم بالحفظ لا يتمكن من التفرغ إلا لقطعة واحدة في كل مرة.

التنظيف الكيميائي

المبادئ العامة

يقوم التنظيف الكيميائي على إستخدام مادة فعالة انتقائية تسمح بإذابة أو تغيير نواتج التآكل الخارجية بدون الإضرار بنواتج التآكل الداخلية أو المعدن. اختيار المادة الفعالة يتم بدلالة الطبيعة الكيميائية لنواتج التآكل المراد التخلص منها.

ما هي الحالات الجائز خضوعها للتنظيف الكيميائي؟

- السطح الأصلي، سواء كان معدنياً أو لا، يكون مغطى بالرواسب؛
- السطح المعدني، الذي نعتبره سطحاً أصلياً، يكون مُغطى بطبقة رقيقة من الأكاسيد؛
- السطح الأصلي يقابل السطح البيني لطبقتين من نواتج التآكل لهما طبيعة مختلفة: كربونات وأكسيد النحاس مثلاً؛
- طبقات التآكل تكون كثيفة وسميكة ويلزم تليينها قبل البدء في أي تنظيف ميكانيكي قد نحتاج لاجراؤه.

تدخل عناصر فعالة مختلفة في عملية التنظيف الكيميائي للمعادن الأثرية: أحماض، قواعد، أملاح، مركبات معقدة. وبما أن هذه الأخيرة تكون مستعملة بشكل واسع، فسنستفيض هنا في ذكر مبدأ عملها. لفهم الظواهر الأخرى (تفاعل حامض - قاعدة، تفاعل أكسدة - اختزال)، فإننا نُرجع القارئ لكتاب G. Charlot (Charlot, 1974).

نُذكِر هنا أن نواتج التفاعل هي غالباً مركبات أيونية تكون فيها الأيونات المعدنية مشحونة موجباً (Fe^{2+}, Ag^{+}, Cu^{2+}) والأيونات اللامعدنية مشحونة سالباً (OH^{-}, Cl^{-}).

المركبات المعقدة complexants أو عوامل الحجز agents séquestrants، هي جزيئات قطبية يوجد بها أجزاء شديدة السالبية قابلة للارتباط مع الكاتيونات المعدنية عن طريق وصلات إلكتروستاتيكية، مع بقائها قابلة للذوبان في الماء. تلتف الجزيئات حول الأيون المعدني الموجب.

عندما يملك جزيئ الحجز موضعين على الأقل لهما قدرة على الإرتباط مع الأيون المعدني، فسنطلق عليه إذاً تعريف العامل المشبكي agent chélateur ويؤدي لتكوين المشبكيات.

المجاميع الأمينية ($-NH^2$)، والكربوكسيل ($-COOH$)، والهيدروكسيل ($-OH$) تتدخل في أغلب الأحيان في تركيب المشبكيات (Stambolov, 1985). وهكذا، فإنه في محلول EDTA (حامض إثيلين ديامين تترا أستيك) وهو عامل مشبكي لكثير من الكاتيونات، كل كاتيون يكون محصور بين اثنين من (NH^2).

يغير رقم ال pH من قوة العامل المشبكي. الوسط الحامضي يقوم بتعطيل مبدأ تكوين المشبكيات (Stambolov, 1985).

في حالة الEDTA، وهو حامض ضعيف (جزء صغير من جزيئاته يكون متأين في الماء)، فإن تكون المشبكيات يُحد منه نتيجة بقاء أيونات H^+ مربوطة بنهايات $-COO^-$. إذا كان في المقابل رقم الpH قاعدي، فإن مجاميع الـ $-COO^-$ ستتمكن من الترابط مع الأيونات المعدنية (Cleaning, 1983, p. 123). وهذا يفسر لماذا لا نستعمل عادةً الحامض نفسه أثناء القيام بالتنظيف ولكن بالأحرى أملاح الصودا لهذا الحامض.

هذه الأملاح يمكن أن تكون أحادية، ثنائية، ثلاثية، رباعية الصودا حسب إحتواء الجزيئات على واحد، اثنين، ثلاثة، أربعة من ذرات الصوديوم (Na^+) التي تحل محل الـ (H^+).

وهكذا فإن الأملاح الأحادية أوالثنائية الصودا تكون متوسطة الذوبان، ويكون الملح الثلاثي الصودا أكثر قليلاً في الذوبان ويتميأ بشدة كافية (محلول عند ١٪ يعطي رقم ال pH ٩,٣). أما المحلول رباعي الصودا فيكون ذو ذوبان عالي جداً (محلول عند ١٪ يعطي رقم الـ pH ١١,٣) (Richey, 1975).

تكون المركبات المتكونة مستقرة إلى حد ما. كلما إشتدت تلك الاستقرارية، كلما زادت كفاءة التنظيف. ويكون إذاً من الممكن، بفضل ثبات تكوين المركبات المعقدة، التنبوء بالتفاعلات الجارية أثناء التنظيف (Charlot, 1974, p. 19-28).

كيفية الاستخدام

سنقدم هنا عدداً معيناً من المبادئ العامة الصالحة لأي معاملة بالغمر، سواء كانت للتنظيف أو الاستقرارية.

نحصل على أي محلول باستخدام الماء منعدم التمعدن déminéralisé: يحتوي الماء على كمية كبيرة من الأيونات (Cl^-, CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+...) ويكون من المناسب إزالتها قبل عمل المحلول (تذكرة رقم ٣).

– نحصل علي الماء المُقطر من غليان وتكثيف بخار الماء،

– نحصل على الماء منعدم التأين déionisé أو منعدم التمعدن déminéralisé عن طريق الراتنجات المبادلة للأيونات، يمر الماء عبر محلول يحتوي على نوعين من الراتنجات واحدة تلتقط الأنيونات، والأخرى تلتقط الكاتيونات. ونقوم بإختبار دوري لموُصّلية الماء. يدل إرتفاع الموُصّلية، بسبب تركيز أكبر للأيونات، على إن كل المواضع المتفاعلة في الراتنجات تكون مشغولة ويجب إذاً إعادة إحياء الراتنجات régénérées. بعض الراتنجات تحتوي على مؤشر ملون يسمح بقراءة درجة التشبع.

عند استخدام أي محلول، يكون من الضروري التأكد من البلل التام للقطعة. يعمل إزالة الدهون عن طريق مذيب قلوي مثل التريكلورايتان ١٠١٠١ (Johnson, 1984)، وإضافة مادة ذات توتر سطحي نشط، والتشرب تحت تفريغ جزئي على إعطاء أفضلية لنفاذ المحلول بشكل جيد.

يتحدد حجم المحلول على حسب حجم القطعة بنسبة ١:٢٠، هذه النسبة تكون بغرض منع حدوث تشبع شديد السرعة في صورة مواد مذابة. ويستحسن أيضاً التقليب حتى يتجانس المحلول بشكل مستمر.

حتى نُحسن من نفاذية المتفاعلات داخل طبقات نواتج التآكل، فإنه من الممكن تسخين المحلول (حوالي ٥٠ درجة سلسيوز). يسبب التسخين تمدد الهواء المُحتوى داخل المسام الدقيقة لنواتج التآكل وبهذا يتصاعد أكثر يسراً. يكون من المناسب إذاً أن نأخذ احتياطنا من الأبخرة السامة التي قد تتطاير، والأفضل لنا أن نعمل تحت شفاط هواء.

أي حمام كيميائي يجب أن يُراقب بشكل وثيق. بالنسبة لمتفاعل معين فإنه يكون من الأفضل أن نستخدم محاليل مختلفة التركيز وبشكل تصاعدي حتى نتحكم تدريجياً في التفاعلات الداخلة.

يتم التنظيف الكيميائي عادتاً بغمر القطعة في المحلول، لكن في حالة ما إذا كانت القطع تحتوي على نواتج تآكل مترسبة في نقط معينة، في حين يخلو باقي السطح منها، فإن الحمام يجب أن يتوقف وأن يتم التنظيف نقطياً. التنظيف النقطي (الموضعي) يتم باستخدام قطن أو ورق ماص مشبع بالمحلول.

كل حمام كيميائى يجب أن يليه شطف مكثف للجسم لإزالة آثار المواد المتفاعلة. يمكن للشطف أن يُجرى بالماء المقطر أو الماء البارد المنعدم التمعدن. غير أن تعاقب التسخين والتبريد يُحَسن من الشطف. يتيح التسخين تمدد الهواء والسوائل بينما يعمل التبريد على إمتصاص الماء المتجدد (Plenderleith, 1971).

نحدد نهاية الشطف بإجراء اختبار المُوصّلية واختبار الـpH (North, 1978, p. 235). أي تنظيف كيميائي يجب أن يليه تنشيف كامل للجسم، بالنسبة للتقنيات المستخدمة نُرجع القارئ لجزء الاستقرارية.

المتفاعلات الأساسية والطرق النوعية لعملها

نُقدم هنا، لكل معدن وسبائكه، المواد المتفاعلة المستخدمة عامةً عند التنظيف، بالنسبة للتقنيات الأخرى الأقل استعمالاً، نُرجع القارئ إلى بيان المراجع.

السبائك النحاسية

سواء اعتبرنا النحاس أو احدى سبائكه (البرونز-النحاس الأصفر)، فإننا نستخدم لهما نفس المتفاعلات.

هيكزاميتافوسفات الصوديوم (كالجون) hexamétaphosphate de sodium ($Na_6(PO_3)_6$) (Calgon): هذا المركب المعقد يكون عبارة عن حاجز séquestrant يُكون مركبات معقدة مع كاتيونات الـ Ca^+ والـ Mg^+ ولذا فهو يستعمل

للتخلص من الرسوبيات ذات الطبيعة الجيرية، سواء كانت على سطح المعدن أوعلى طبقة من نواتج التآكل. ويكّون تركيز المحلول المستخدم من ٥ إلى ١٠ ٪.

ملح EDTA: هذا العامل المشبكي chélateur يتركب من أيونات Cu^{+} et Cu^{2+} ، وهو يستعمل كمحلول بتركيز من ٥ إلى ١٠ ٪ ليكّون مركبات معقدة مع الكربونات وكذلك مع أكاسيد النحاس (CuO و $Cu^{2}O$)، (Matteini, Moles, 1981).

ملح روشال sel de Rochelle (طرطرات الصوديوم والبوتاسيوم): الطرطرات هي أملاح حامض الطرطريك ($^{-}OOC\text{-}(CHOH)_2\text{-}COO^{-}$) والتي يُلحق بها أيونات Na^{+} ، K^{+}. ويمكن استعماله وحده أو مع محلول من ٥ إلى ١٠ ٪ أوفي وسط قاعدي (٥٠ جرام من NaOH – ١٥٠ جرام من الطرطرات للتر ماء واحد) (Plenderleith, 1971, p. 250).

يكّون هذان المتفاعلان مركبات معقدة مع أيونات Cu^{++}, Cu^{+} ويستعملان خاصةً لإذابة أكاسيد CuO و Cu_2O.

الجلسرين القلوي glycerol alcalin: هذا المحلول (١٢٠ جرام من NaOH، ٤٠ مللي لتر من الجلسرين وواحد لتر من الماء عديم التأين) يمكن أن يحل محل ملح روشال (Plenderleith, Torraca, 1979).

حامض الستريك acide citrique: عندما يكون هذا الحامض في محلول مائي من ٥ إلى ١٠ ٪، فإنه يسبب إذابة شديدة لنواتج التآكل للنحاس وبالأخص للأكاسيد (Merk, 1978). ويفضل عامةً استخدام هذا الحامض لذوبان الأغشية السميكة لنواتج التآكل، كما في حالة القطع الملغمة مثلاً، ويتم بعد ذلك تنظيف كل قطعة على حدة باستخدام تقنيات أخرى.

الفضة

المشكلة المطروحة للأدوات الفضية تكون مضاعفة، في الواقع، هذا المعدن يكون غالباً متحدا مع النحاس بنسبة عالية لحدٍ ما، وفي هذه الحالة فإن النحاس يتآكل تفضيلياً. وإذا الأمر يعني هنا استخدام فئتان من المتفاعلات،

فئة تتفاعل مع نواتج تآكل النحاس (عامتاً الكربونات والأكاسيد)، دون أي إضرار بالفضة في حالة إتحادها معها، والفئة الأخرى تتفاعل مع نواتج التآكل الخاصة بالفضة.

حامض الفورميك acide formique (HCOOH) يسمح بإذابة نواتج التآكل للنحاس بدون الإضرار بالفضة (Plenderleith, 1971). ويستخدم في محلول مائي من ٥ إلى ١٠ ٪ حسب مقاومة السبيكة.

التيوريه thiourée $(NH_2)_2CS$ تسمح بإقامة مركبات معقدة لأيونات Ag^+ الموجودة داخل نواتج التآكل للفضة، وهي تستعمل كمحلول من ٥ إلى ١٠ ٪.

تيوسلفات الأمونيوم thiosulfate d'ammonium هو عامل مُختزِل لكبريتات الفضة في محلول مائي من ٥ إلى ١٥ ٪ (North, 1987, p. 240).

الديتيونيت القلوي ditionite alcalin هو عامل مُختزل لنواتج تآكل الفضة وأساساً للكبريتات: ٤٠ جرام من NaOH، ٥٠ جرام من $Na_2S_2O_4$ لكل لتر من المحلول (Mac Leod, North, 1979).

ويكون من الممكن أيضاً استعمال محلول من حامض الفورميك والتيوريه (٤ مللي لتر حامض لكل ٨٤ جرام تيوريه في لتر من الماء عديم التمعدن) وذلك للتخلص من كبريتات الفضة (Sramek *et al.*, 1978).

الحديد

التنظيف الكيميائي للأدوات الأثرية الحديدية يطرح مشاكل حساسة، حيث إن هذه الأدوات عادةً ما تحتوي على طبقة كبيرة من نواتج التآكل وتكون المادة الحاملة للسطح الأصلي في الغالب هي نفسها من نواتج التآكل التي لها طبيعة قليلة الإختلاف عن نواتج التآكل الخارجية (أكسيد وهيدروكسيد الحديد مثلاً).

في حالة ما إذا كان السطح الأصلي معدنياً ومغطى بطبقة رقيقة من الأكسيد، يكون حينئذ من الممكن استخدام التنظيف الكيميائي.

هذا التنظيف يمكن أن يتم بواسطة مركبات معقدة : سيترات الأمونيوم، حامض التيوجليكوليك، أملاح EDTA (Stambolov, 1985).

التنظيف في حمام حامضي: حامض السيتريك، الأوكساليك، الفسفوريك أو الأورتوفسفوريك يمكن أيضاً إستخدامهم بتركيزات ضعيفة (٥ ٪). يتآكل الحديد في رقم pH حامضي (Pourbaix, 1975)، لذلك فإن إضافة مانع التآكل inhibiteur في محلول، يكون لا غنى عنه مثل: البيريدين pyridine، الآلدهيدات aldéhydes ، البنزوات benzoates (بتركيز من ٠,٥ إلى ١ ٪)، (Stambolov, 1985) (انظر الاستقرارية).

بعض الأحماض مثل حامض الفسفوريك يمكن أن يكون له تأثير كمد فاعلية على المعدن، وبهذا يؤدي هذا الحامض إلى تكوين فوسفات الحديد الثلاثي المستقر غير القابل للذوبان (Stambolov, 1985) (انظر الاستقرارية).

الرصاص

التقنية المستخدمة عامةً في تنظيف الرصاص هي طريقة كالي méthode de Caley (Caley, 1955). يتم هذا التنظيف في عدة حمامات:

– حمام بارد في حامض الكلوريدريك المخفف ١٠ ٪ الذي يحول كربونات الرصاص القاعدية إلى كلوريد رصاص مع إنبعاث CO_2؛

– الغسيل الجيد بالماء عديم الهواء (ماء تم غليه للتخلص من ثاني أكسيد الكربون الموجود به)، وذلك على ثلاث حمامات؛

– حمام ساخن بأسيتات الأمونيوم المخففة ١٠ ٪، ويستمر الحمام حتى يختفي أي من نواتج التآكل من على السطح. هذا الحمام يزيل أكاسيد الرصاص (لون بني –أحمر) التي لم يتم إذابتها بالحامض؛

– شطف في أربعة حمامات بالماء المنعدم الهواء، يتبعه تجفيف بالكحول. العيب الأساسي لهذه الطريقة هو الاختفاء المحتمل لبعض التفاصيل المحفوظة في نواتج التآكل.

نورد بالذكر أن استعمال أملاح EDTA يكون مُكملاً لهذة الطريقة (Watson, 1985)، وكذلك الراتنجات المبادلة للأيونات (Stambolov, 1985, p. 169).

القصدير

القطع الأثرية المصنوعة من القصدير تكون نادرة نسبياً، فإننا نعثر في الغالب على قطع تتكون من سبيكة من الفضة-رصاص. في هذه الحالة، فإن مشكلة التنظيف تكون هي ذاتها نفس المشكلة التي مع القطع من الرصاص وذلك حسب نسبة الرصاص بها.

عندما نعثر على أجسام من القصدير النقي أثناء الحفريات، فإنه قد يكون من اللازم إزالة الرسوبيات بالتنظيف الكيميائي، سنستعمل إذاً محلولاً مائياً من ملح ثنائي الصودا من EDTA بتركيز ٥ ٪ (Pollard, 1985).

ويكون مع ذلك من الضروري التأكد مسبقاً أن المعدن غير متشقق.

الذهب

بما أن الذهب لا يتآكل، فإن الرسوبيات وحدها هي التي يمكن إزالتها عند الحاجة، باستعمال التقنيات الكلاسيكية (مركبات معقدة لكربونات الـ Ca)، في بعض الحالات يكفي تنظيف بسيط بالكحول.

في حالة السبائك من ذهب-فضة أوذهب-نحاس، فإن المعدن الأقل في الرتبة كمعدن كريم يتآكل تفضيلياً، يتم التنظيف عن طريق المتفاعلات المذكورة المقابلة لهذا المعدن، (Scott, 1983).

عندما يتواجد الذهب على صورة تصفيح (أوراق ذهبية أوتذهيب بالزئبق)، فإنه يكون غالباً مغطى بنواتج تآكل للمعدن الملاصق له. يمثل الذهب في هذه الحالة مشكلة وحيدة هي مدى التصاقه بالمادة الحاملة له (نتوء، تنقير).

قبل أن نختتم هذا العرض الموجز للتقنيات المختلفة للتنظيف الكيميائي، سنذكر طريقة بلازما الهيدروجين التي تثير حالياً أبحاث مكثفة ومن الواجب أن تقدم إمكانات جديدة للمعالجة.

وختاماً، فإن تطبيق طريقة من طرق التنظيف الكيميائي، تتطلب تعريف محدد لنواتج التآكل الموجودة حتى نتمكن من ممارسة التنظيف الإنتقائي.

وعلى الرغم من التشخيص الدقيق والتطبيق الجيد للتقنيات، لا يكون التنظيف الكيميائي خالي من المخاطر. في الواقع، قد يتسبب في فقد تماسك القطعة عن طريق الغمر البسيط في سائل ما. هذا الفقد في التماسك يكون أحياناً ملحوظاً في حالة السبائك التي يكون إحدى المكونات فيها قد تعرض لتآكل تفضيلي: فالتنظيف سوف يتم بالأخص لنواتج التآكل لهذا المكون وبهذا نتعرض للتسبب في فقد تجانس السبيكة.

التنظيف الإلكتروليتي

التنظيف الإلكتروكيميائى (تكوين بطارية بين معدنين مختلفين: نحاس وزنك مثلاً) يكون غالباً من الصعب التحكم فيه، سنتكلم هنا فقط عن التنظيف الإلكتروليتي الذي يكون فيه التيار الكهربي مستمد من مولد خارجي.

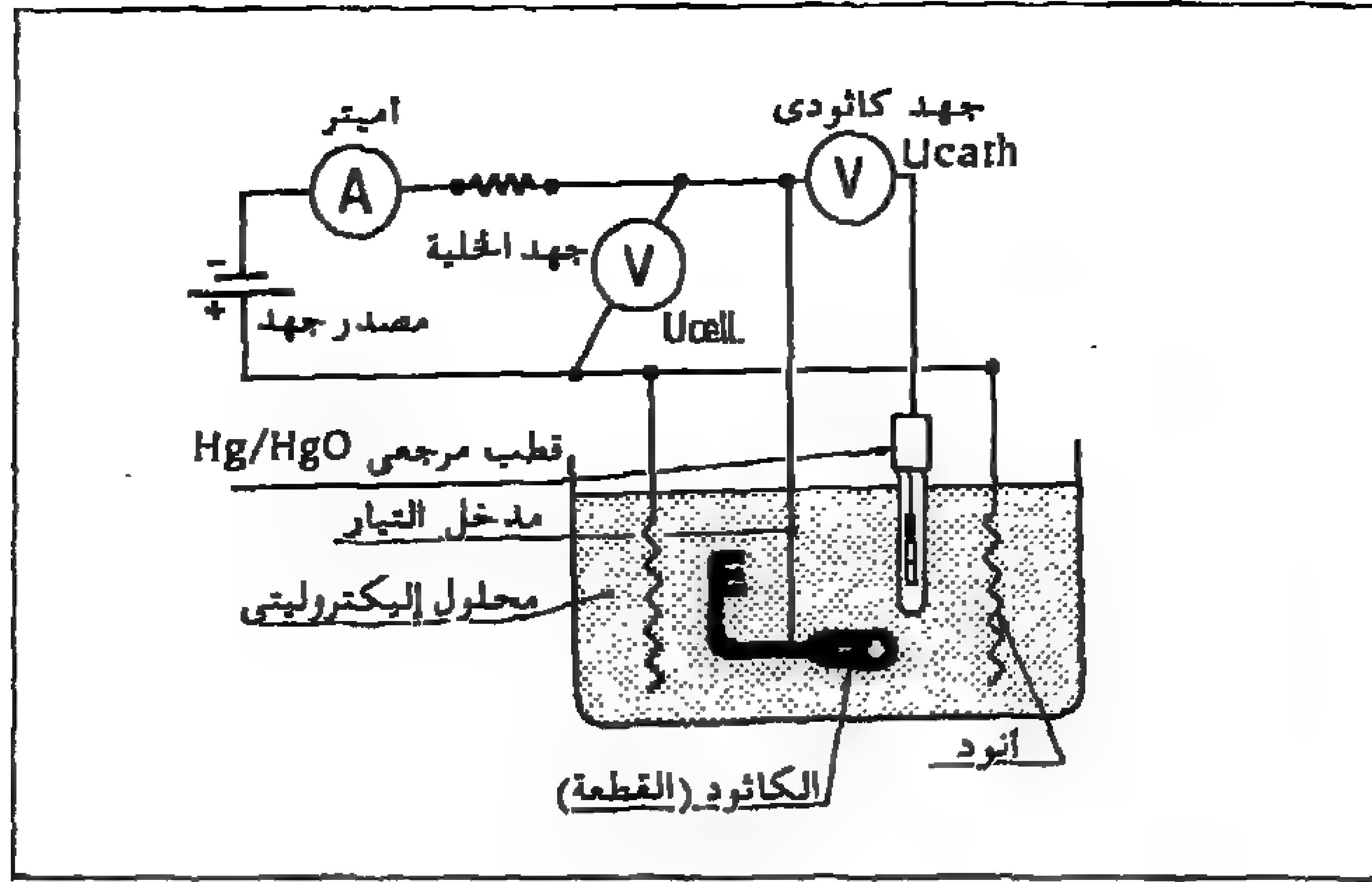
يمكن للتنظيف الإلكتروليتي أن يُستخدم في الحالات الآتية:

– قطع يكون السطح الأصلي لها، الموجود تحت غلاف الشوائب، مكافئاً لطبقة موصلة، سواء كان ذلك معدن أوطبقة معالجة بالجرافيت graphitisée (North, 1987, p. 79)؛

– قطع ليس من الممكن اقتفاء أثر علامات السطح الأصلي بها وتكون مكشوفة حتى المعدن السليم.

كيفية الاستخدام

نوصل القطعة بالقطب (–) للمولد، يجب عندئذٍ التأكد من التوصيل الجيد بين المعدن أوالطبقة الموصلة وبين مصدر دخول التيار: إستخدام مشبك أو عمود (شكل ١٣).



شكل ١٣. تركيب عملية التفريغ الكهربي.

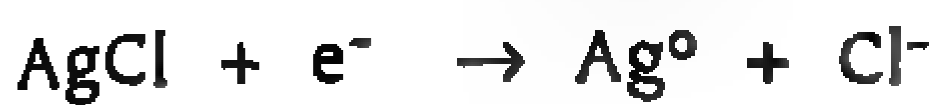
يتم بعد ذلك غمر القطعة (الكاثود) في المحلول الإلكتروليتي وتحاط بشبكة من الصلب غير القابل للصدأ (أنود). يوصل الأنود بالقطب (+) للمولد. يمنح المولد تيار مستمر له شدة التيار ثابتة، ونوصل أميتر على التوالي بالدائرة. نقيس جهد الكاثود للقطعة عن طريق فولتميتر عالي الممانعة مُوصل بالقطعة من ناحية وبالقطب الدليل من الناحية الأخرى (Pourbaix, 1975, p. 177; Lacoudre, 1987, p. 65). يسمى الفرق في الجهد بين الأنود والكاثود بجهد الخلية tension de cellule.

تفاعلات ومعاملات

يرتكز استخدام المعالجة الإلكتروليتية على عدة تفاعلات، يسري التيار الكهربي في المعدن على هيئة إلكترونات وفي المحلول الإلكتروليتي على هيئة أيونات (مهاجرة كهربيا électrophorèse)؛ يصاحب مرور التيار الكهربي في المعدن الموجود في المحلول تفاعلات إلكتروكيميائية على سطح المعدن (التحليل الكهربي).

عند سطح الطبقة الموصلة للقطعة المأخوذة ككاثود، يؤدي وصول الإلكترونات القادمة من القطب (-) إلى اختزال إلكتروكيميائي للكاتيونات الموجودة داخل نواتج التآكل أوفي المحلول الإلكتروليتي. ويتزامن هذا مع تفاعلات أكسدة عند الأنود.

في أثناء التنظيف الإلكتروليتي، فإننا يمكن أن نعمل على الحصول على اختزال لبعض نواتج التآكل عند الكاثود. نذكر مثلاً حالة قطعة من الفضة:



$$AgCl + e^- \rightarrow Ag^o + Cl^-$$

وهنا نختزل كلوريد الفضة إلى فضة معدنية، مما يسمح بتدعيم القطعة، (Organ, 1965; Charalambous, Oddy, 1975; Lacoudre, 1987, p. 47).

ويمكن أيضاً أن نحاول الحصول على الاختزال الكاثودي لأيونات H+ الموجودة في المحلول الإلكتروليتي المائي:



$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$

فقاعات الهيدروجين (H_2) المتكونة على السطح الموصل تساهم إذاً ميكانيكيا في زعزعة نواتج التآكل الموجودة فوقها. يستخدم هذا التفاعل عادةً للتخلص من غلاف الشوائب على القطع القادمة من أوساط رطبة (Hamilton, 1976; North, 1987; Lacoudre, 1987).

وأخيراً فإن المجال الكهربي يسبب هجرة الأنيونات (Cl^-, SO_4^{2-}, S^{2-}) من الكاثود (قطب -) في إتجاه الأنود (قطب +)، مع سماحه إلى جانب ذلك بإستخلاص الكلوريدات من القطعة. ظاهرة الهجرة الكهربية تلك، تكون غالباً مستخدمة أثناء معالجات الإستقرارية.

هذه التفاعلات المختلفة تتم بدلالة الجهد الكاثودي الذي يتخذه المعدن ورقم الـ pH للمحلول الإلكتروليتي (Pourbaix, 1963, 1975).

يتم إذاً اختيار الجهد ورقم الـ pH بدلالة المعدن الذي تتم معالجته (سبائك نحاسية، حديد، فضة، رصاص) والتفاعلات التي نرغب في الحصول عليها (Kruger, 1977). يجب أيضاً، خلال المعالجة وتبعاً للرسوم البيانية (دياجرام) للجهد مع رقم الـ pH (شكل ٥)، أخذ شروط حصانة immunité المعدن في الإعتبار.

إن طبيعة المعدن ورقم الـ pH للمحلول الإلكتروليتي تُكيف أيضاً تصرف نواتج التآكل. الجهد الكاثودي المُعتمد على كثافة التيار الكهربي (شدة التيار/المساحة) يكون مفروض على القطعة، أن تغير شدة التيار تسمح بتضمين moduler الجهد الكاثودي وبالتالي المضي في المعالجة.

كمثال، مدفع من الحديد المشكل fer forgé عومل عند جهد – ١٫١ فولت ESH (بالنسبة لإلكترود قياسي من الهيدروجين) وذلك لشدة تيار موضوعة تساوي ٣٠ أمبير (Bertholon *et al.*, 1986b). كانت المدة اللازمة للتخلص من غلاف الشوائب به حوالي ٧٠٠ ساعة.

تُظهر طرق التنظيف الإلكتروليتي كثيراً من المزايا، نذكر منها: الانتقائية sélectivité لطبيعة ومكان التفاعلات، الإجهادات الميكانيكية الضعيفة المفروضة على الجسم، اليد العاملة المحدودة.

وفي المقابل، لا تُستعمل هذه الطرق أساساً إلا على القطع التي يعتبركون سطحها الأصلي طبقة موصلة، لا يمكن الاستعاضة عن دقة تشخيص حالة الحفظ لنجاح المعالجة. إن تطبيق هذه الطرق يكون مرهون كذلك بالمعرفة – والتي غالباً ما تكون منقوصة – للطبيعة الكيميائية المعقدة لطبقات التآكل.

التدعيم و اللصق

كما هو الحال في التنظيف والاستقرارية، فإن ترتيب التدخلات لا يكون ثابتاً، ولكن تحدده حالة حفظ القطعة نفسها وسير العمليات الأخرى.

التدعيم

في أثناء التنظيف الميكانيكي وحتى قبل البدء فيه، فإنه غالباً ما يكون من اللازم إجراء تدعيم السطح consolidation de surface لنواتج التآكل الحاملة للسطح الأصلي الذي نريد الكشف عنه أو للتصفيح placages (ورق ذهب أو فضة، قصدرة) الذي يمكن أن يتفكك بفعل نواتج التآكل التحتية.

يتم هذا التدعيم بواسطة راتنجات ڤينيلية أو أكريليكية رجوعية (Rhodopas M 60 أو Paraloïd B 72) في محلول من الكحول أو الأسيتون بتركيز يتراوح ما بين ٣ و١٠ ٪. يكون تطبيقه عن طريق الفرشاة أو بالرش وهو قابل للتكرار لأي عدد من المرات حسب ما تقتضيه الحاجة.

من المستحسن تدعيم السطوح التي يكون قد تم تنظيفها مسبقاً، في الحالة العكسية، سيكون إذا من الازم إزالة الراتنجات بمذيب أولاً قبل اجراء التنظيف، مما قد يضعف القطعة.

يكون الوقت اللازم لجفاف هذه الراتنجات قصيراً نسبياً (بضع دقائق تكفي لتبخير المذيب) مما يسمح بالإستئناف السريع للتنظيف.

في حالة الأجسام الدقيقة جداً (صفائح النحاس الأصفر مثلاً) والتي تكون شديدة التآكل فإنه يكون من الضروري تغطية إحدى أوجه القطعة براتنج إيبوكسي ذي مكونين (Araldite AY 103 أو AW 106)، سنختار إذاً الوجه الأقل ظهوراً من القطعة: كداخل الإناء، أوظهر الشريحة.

يمكن استكمال التدعيم بالاستعانة بالتبطين، تُختار البطانة بدلالة وزن ومقاس القطعة والمقاومة المراد إكسابها إياها: مثل ورق اليابان papier Japon، بوليستر غير منسوج بمختلف الأوزان، ألياف زجاجية.

في حالة التدعيم المؤقت يتم التخلص من هذه البطانات، الملصقة بواسطة راتنج قابل للانعكاس، عند نهاية التنظيف.

التدعيم في العمق لا يختلف نوعه تبعا لطبيعة الراتنجات المستخدمة فيه، بل بعمق تغلغلها في قلب طبقات التآكل، الذي يمكن تحسينه عن طريق التشرب تحت تفريغ هواء جزئي (راجع الباب الثالث).

بالنسبة للراتنجات الإيبوكسية فإن تخفيض اللزوجة يمكن أن يتأتى عن طريق:

- تأثير الحرارة: يتم تسخين القطعة (من ٥٠ إلى ٩٠ درجة سيلسيوز)، في الغالب تحت الأشعة تحت الحمراء وتتشرب بالراتنج، الذي يكون ملون أو غير ملون، عند نقاط الضعف منها (تشققات، نتوءات). تُسرِع الحرارة من البلمرة وتحسن منها.

في حالة القطع شديدة الدقة، السابق تدعيم السطح بها بواسطة راتنج مُذاب، فإنه من المناسب تجنب التسخين الشديد الذي قد يؤدي إلى انحسار rétraction الراتنج وتشقق القطعة.

تُستعمل هذه التقنية بالأخص في حالة القطع المعدنية التي تُحتم فيها كثافة نواتج التآكل إجراء التنظيف بالتجليخ، في بعض الحالات تكون

الراتنجات الإيبوكسية هي الوحيدة القادرة على ابداء مقاومة ميكانيكية كافية للسماح بإجراء تنظيف من هذا النوع.

– الإذابة في الكحول (محاليل من ٢٠ إلى ٥٠ ٪). يكون من المستحسن وضع القطعة، في أثناء جفاف الراتنج الإيبوكسي، في وسط مُشبع ببخار المُذيب. وبهذا لا تتعرض مادة التدعيم للانجراف إلى سطح القطعة، إبان التبخر السريع للمذيب.

إن سد النواقص يمكن له في حالات معينة أن يُحسن من الاستقرارية الميكانيكي للقطعة.

التدعيم باستخدام الراتنجات يكون في الغالب غير رجوعي، ولذا يُفضل إيجاد بديل له كلما سنحت الفرصة لذلك.

– إقامة قاعدة soclage (حامل من البلكسي جلاس أومن أي مادة أخرى غير ضارة بالأجسام المعدنية، راجع التخزين) وهوممكن أن يكون أيضاً مُكمل للتدعيم ويسمح إذاً بالتعامل مع القطعة بدون مخاطر.

اللصق

كما سبق أن رأينا، فإن اللصق المؤقت للشظايا يكون باستعمال راتنجات رجوعية مُذابة (في المحلول) (أكريليكية، ڤينيلية، سيلولوزية)، لسوء الحظ لا تملك هذه الراتنجات دائماً الخصائص الميكانيكية اللازمة للصق الدائم. يكون أحياناً من الضروري إذاً استعمال راتنجات إيبوكسية (أرالديت AY 103 أو AW 106).

بعد إزالة الدهون وتنظيف الشظايا، نقوم باللصق على مرحلتين:

– وضع نقط استدلال بواسطة راتنج مُذاب (في المحلول) أوراتنج سيانواكريلات (سيانوليت Cyanolit). تسمح اللزوجة المنخفضة لهذا الأخير من المواءمة الدقيقة للشظايا مع بعضها البعض. تكون السيانواكريلات شديدة الحساسية للأحماض التي تمنع بلمرتها. القطعة المعالجة في حمام حامضي، يجب أن يكون شطفها متقن بشكل كافي بحيث تسمح بلصق لاحق جيد عليها؛

- إجراء تشرب للرابط joint بواسطة راتنج إيبوكسي تحت تأثير الحرارة.
السيانواكريلات يمكن أن تُستخدم كلاصق نهائي في حالة القطع الصغيرة، خفيفة الوزن أو الكسور الدقيقة (عملات مثلاً).

الترميم

سنتناول هنا المعالجات التي تهدف إلى تحسين إستقراء القطعة.
الصقل polissage، هو عبارة عن تجليخ دقيق جداً للسطح. يكون هدفه العثور على بعض تفاصيل القطعة نفسها مثل البريق المعدني، التباين بين لونين، وجود نقش أوتصفيح.
يتم مواءمة صلابة المادة المُصنفِرة على حسب صلابة السطح المطلوب صقله. وهكذا فالمادة المُصنفِرة المستعملة للفضة تكون أنعم من المستعملة للحديد ونواتج تآكله. يتم الصقل عن طريق مسحوق مُصنفِر (تراب طرابلسي tripoli مثلاً) محمول عن طريق الكحول أو بواسطة مخرطة مِكروية micro-tour مركب عليها حجر تجليخ من اللباد أو من جلد الشامواه أو فرشاة من المعدن أوالألياف الاصطناعية.
ملء النواقص (الفجوات)، يسمح بتحسين إستقراء القطعة وضمان استقرارها الميكانيكي. في هذا الإطار، فإن أي إرجاع لجزء ناقص يتطلب فهماً جيداً للقطعة وللتشوهات الناتجة عن استعمالها (راجع التعليق في شكل ٢).
وتكون الراتنجات المستعملة في الملء غالباً راتنجات الإبوكسي أو البوليستر. تُظهر راتنجات البوليستر مقاومة ميكانيكية عالية ولكن يكون لها تراجع أكبر مما لراتنجات الإيبوكسي (Bost, 1982; Trotignon, 1982).
من الممكن إضافة السيلكا شبه الغروية silice colloïdale إلى الراتنجات حتى نرفع من لزوجتها. ويمكن تلوين هذان النوعان من الراتنجات في الكتلة (صبغة ومُلونات لراتنجات الإبوكسي، ومُلون بوليستر لراتنجات البوليستر) وذلك عند درجة لون أفتح وأقل نصوع من اللون العام للقطعة.

يمكن لدعائم اللدائن أثناء فترة الشك أن تكون من البلاستيسين، أو من الشمع المُستعمل بواسطة أطباء الأسنان، أو من شريط لاصق. وتزال الزيادة من الراتنج عند نهاية البلمرة بالتجليخ.

تتم المعالجة النهائية بالصقل واللمسات التهذيبية (الرتوش) المحتملة (طلاء أكريلك أو لون صباغة محمول عن طريق راتنج مُذاب).

إعادة تهيئة الشكل remise en forme وإن كانت قد استعملت بكثرة في الماضي لترميم القطع الأثرية المعدنية، إلا أن تلك التقنية لا تطبق إلا بحذر. في الواقع، هي تتطلب تسخين مُكثف للقطعة مما قد يُغير من البناء المعدني (الميتالورجي) للمعدن، وقد رأينا فيما سبق الحدود التي يجب إتباعها.

تستلزم هذه التقنية بشكل قاطع أن يكون للمعدن وجود؛ فعلى العكس من نواتج التآكل، يكون المعدن في بعض الحالات هوالوحيد القابل للتشكيل بشكل كافي من أجل إعادة تهيئة شكله. يكون من المستحيل إذاً إعادة تهيئة شكل القطع شديدة التآكل.

تتم إعادة تهيئة الشكل تحت ضغط ميكانيكي بعد التسخين. وهذا يناسب بالأخص القطع قليلة السمك (إناء شكل بالطرق مثلاً)، من سبائك النحاس، الفضة، القصدير، الرصاص. وأخيراً، فإنه ليس من السهل في بعض الأحيان أن نُفرق بشكل مؤكد فيما بين التشوهات (التشكلات) التي جرت أثناء الدفن وتلك التي تمت خلال «الحياة التاريخية للقطعة» vie historique de l'objet.

عدم إستقرارية القطع المعدنية

يكون الهدف ذو الأولوية عند حفظ وترميم المعادن الأثرية هو تأكيد حفظها لأمد بعيد. وهذا يقود إلى العمل على تباطؤ العمليات الطبيعية للتآكل الناتجة عن العلاقة التبادلية فيما بين المعدن والوسط، يجب علينا إذاً التأثير على عامل منهم أوالآخر، أوالاثنين معاً. على الرغم من أن وسط التخزين يكون في الغالب قليل العدوانية، إلا أن المعادن الأثرية تستمر في التآكل وذلك لما تحتويه داخلها من عوامل تعمل على تغييرها.

يجب اعتبار الحالتين، حسبما كانت القطعة تحتوي على المعدن أم لا. هذا التفريق يكون أحياناً لسوء الحظ من الصعب القيام به. إن مشكلة الحفظ طويل الأمد للقطع التي لم تعد تحتوي على معدن تُختصر بشكل كبير وذلك بسبب كونها لم تعد عرضة للتآكل (Watkinson, 1983)، ولا تستلزم إذاً معالجات استقرارية. وعلى العكس من ذلك تكون هذه القطع غالباً شديدة الهشاشة وقد تستلزم تدعيم أو إقامة قاعدة.

سنلاحظ أحياناً تدهور هذه القطع على الرغم من تمعدنها الكامل، في الواقع، لا يجب الخلط هنا بين التغيرات الناتجة عن تحول المعدن وبين تلك التي نستطيع أن نلاحظها على القطع المتمعدنة كلياً. من ناحية، تكون بعض نواتج التآكل قادرة على التحول لمركبات ثرموديناميكية أكثر استقرارا (Turgoose, 1982)، ومن ناحية أخرى كما في حالة الحديد مثلاً، فإن نزع الماء من القطعة يمكن أن يسبب بلورة لبعض المركبات في داخل نواتج التآكل، هذه البلورة يمكن أن تؤدي إلى إنفجار القطعة (Knight, 1982).

بالنسبة للقطع التي مازالت تحتوي على معدن، فإن تطور التآكل سيكون مختلفاً جداً على حسب كوننا في وجود تآكل نشط أولا.

عندما لا تكون القطعة محلاً لتآكل نشط، فإن سرعة التآكل تكون غالباً بطيئة. يكون من الضروري حماية القطعة من تأثير البيئة المحيطة ومن

التلوث الناتج عن التعامل معها. ويمكن لنا التأثير على المعدن باستخدام موانع التآكل inhibiteurs، وعزل المعدن عن البيئة باستخدام غطاء حماية مثل الطلاء البراق (القرنية vernis) أو الشمع - وهذا هو الهدف من الحماية-، والتحكم في البيئة أثناء التخزين.

في وجود تآكل نشط، فإن سرعة التآكل تكون سريعة، كحالة السبائك المكونة أساساً من الحديد، النحاس، الرصاص.

فيما عدا حالة الذوبان الكامل للمعدن (مصير محتوم نحاول تجنبه !)، فإن وقف أوإبطاء دورة التآكل النشط يمكن أن يكون راجع إلى:

- غياب الأكسوجين؛
- غياب الرطوبة؛
- النزع، أوالتحول، أوالعزل داخلياً للمركبات الكيميائية غير المستقرة المسئولة عن الآلية الدورية: كلوريدات الحديد ($FeCl_3$ و $FeCl_2$ أو حتى $FeOCl$)، كلوريدات النحاس (وبالأخص ($CuCl$))، أستات أو فورميات الرصاص مثلاً).

إن غياب الرطوبة و/ أو الأكسوجين يسمح بالإيقاف المؤقت لعمليات التآكل تلك ولكنها تكون دائماً قابلة للمعاودة إذا تغيرت ظروف التخزين. ولهذا السبب فإنه من الأفضل النزع، أو التحول أو العزل الداخلي لهذه المركبات الكيميائية غير المستقرة. ويكون هذا هو هدف معاملات الاستقرارية.

الاستقرارية والمعدن الأثري

سنُفصل هنا أساساً المشاكل العامة الناشئة عن وجود الكلوريدات على القطع المصنوعة من سبائك الحديد والنحاس. سيتم التنويه بسرعة عن استقرارية الرصاص وسبائكه، وهو من الأمور التي مازالت غير معروفة بعد.

فيما يتعلق بالمشكلة الحساسة الخاصة باستقرار السبائك المركبة أساسا من الألمونيوم، فإن الدراسات مستمرة حالياً حول آليات التآكل وحول تدقيق معالجات الاستقرارية (Mac Leod, 1983; Mac Leod, 1984; Degrigny, 1987).

تعيين موضع الكلوريدات

من أجل التخلص من هذه المركبات الكيميائية غير المستقرة، فإنه يجب معرفة موضعها داخل القطعة. في الواقع، إن الكلوريدات يمكن أن تتواجد في كل الأمكنة، في داخل نواتج التآكل، وبالقرب من السطح البيني معدن- نواتج تآكل، ولكن يجب التفريق بين التى تشارك في العمليات الدورية للتآكل (كلوريدات نشطة) وتلك التى لا تشارك فيها (كلوريدات غير نشطة).

تنحصر الكلوريدات النشطة في داخل نواتج التآكل قرب السطح البيني معدن - طبقات تآكل.

في حالة السبائك النحاسية تشكل الكلوريدات CuCl طبقة شبه متجانسة رمادية اللون ذات مظهر شمعي ونجدها في أعماق الفوهات أو في طبقات شبه متصلة تحت الكوبريت (Smith, 1976; Robbiola, 1987) (شكل ٧).

في حالة السبائك الحديدية، تكون الكلوريدات ضمن التركيب البلوري لهيدروكسيد الحديد، الأكاجاميت ßFeO(OH) akaganéite (Gilberg, Seely, 1981, p. 52). يمكن أيضاً أن تكون الكلوريدات محصورة داخل وصلات الحبيبات (Knight, 1982, p. 54)، وهي من المناطق ذات الأولوية في الإصابة بالتآكل. نلاحظ إذاً، بين المعدن النقي وطبقة التآكل وجود منطقة عقد صغيرة nodules من المعدن تمثل قلب الحبيبات المحاطة بنواتج التآكل (Lacoudre, Volfovsky, 1983, p. 14).

تكون الكلوريدات النشطة إذاً واقعة تحت نواتج التآكل المختلفة التي تعتمد خصائصها علي المعدن ووسط الدفن (سمك، مسامية، تشقق، طبيعة كميائية للمكونات، إلخ...). كل هذه الصفات تتحكم في سهولة الوصول إلي الكلوريدات وبالتالي في إستخلاصها. إن التخلص من كل طبقات التآكل يُسهل بالتأكيد من الوصول إلي الكلوريدات ولكن في الغالب لا يكون هذا وارداً. في الواقع، يقع السطح الأصلي غالباً في قلب هذه الطبقات، وتدميرها سينتزع أى معني كائن للقطعة المعدنية (شكل ٩).

المشكلة الأساسية لاستقرارية المعادن الأثرية تكمن في صعوبة الوصول للكلوريدات. إن أى معالجة للاستقرارية يجب أن تسمح باستخلاص أو عزل الكلوريدات النشطة مع الاحتفاظ بكامل طبقات التآكل الحاملة للسطح الأصلي.

إن الصفات الفيزيوكميائية لطبقات التآكل يكون لها تأثير علي طريقة عمل معالجات الاستقرارية.

كذلك الحال في السبائك الحديدية، فإن مسامية طبقات الأكسيد وإنتشار الكلوريدات في كل مكان من القطعة يحتم استخلاص تلك الكلوريدات.

في حالة السبائك النحاسية، فإن التعيين النقطي أحياناً بشكل دقيق لموضع التآكل النشط أوالتغرف على ما لطبقات الأكاسيد والكربونات من صفات كمد الفاعلية يؤديا بنا إلى تصور حلول كثيرة للاستقرار:

- نزع الكلوريدات؛
- عزلهم عن الوسط المحيط عن طريق تحويلهم جزئياً، في موضعهم الأصلي، لمركبات مستقرة وبالتالي غير قابلة للذوبان.

تطبيق لطرق إستخلاص الكلوريدات بالغمر

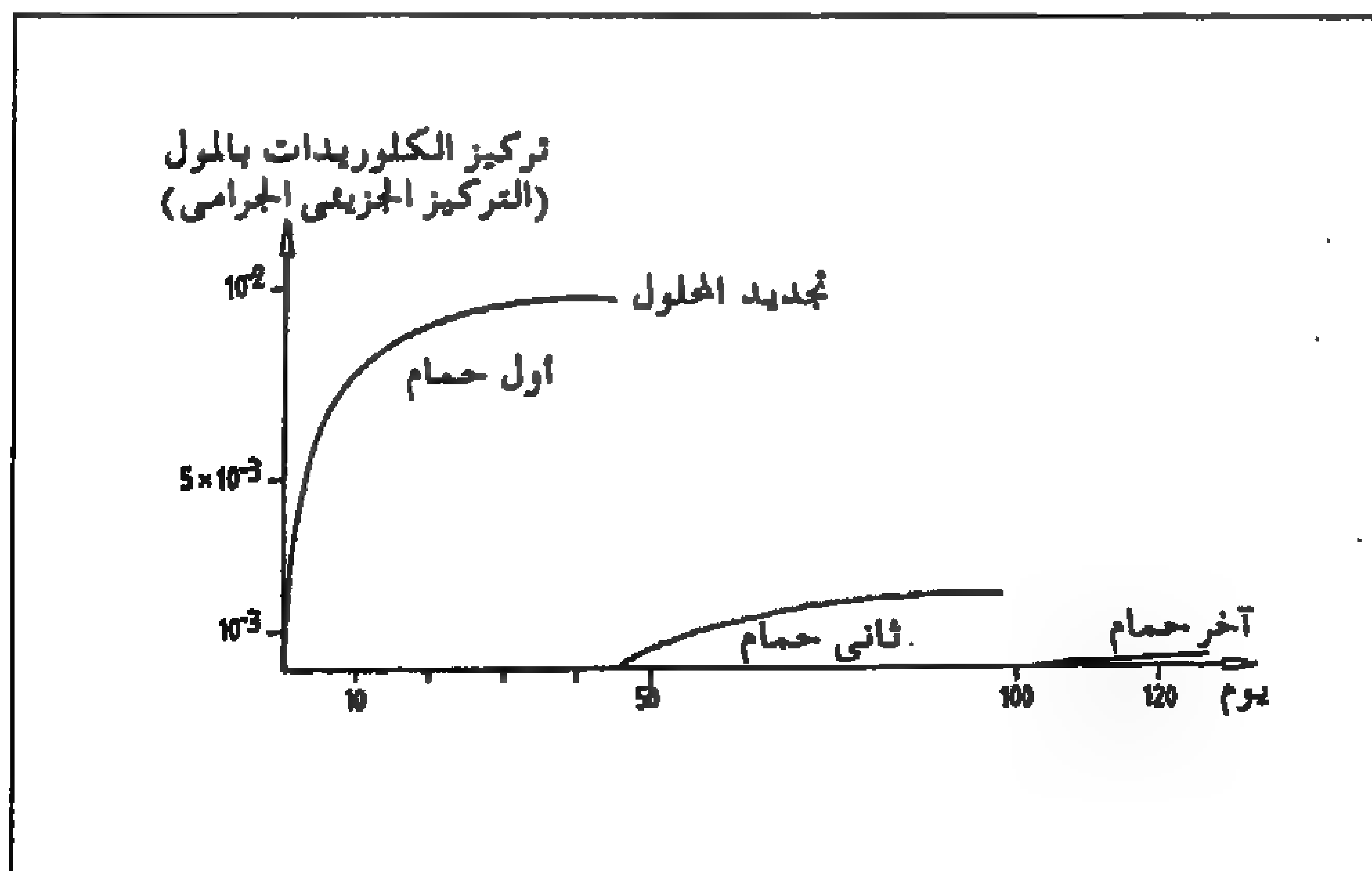
لما كانت طرق استخلاص الكلوريدات المعدنية والنحاسية بالغمر متعددة وتستعمل بشكل عادي، فسنقدم هنا بعض العموميات الخاصة بهم.

يجب علي وسط المعالجة (طبيعة المحلول، درجة الحرارة، إلخ...) أن يسمح بذوبان أو تحليل الكلوريدات ولكنه لا يجب أن يؤدي إلي تآكل المعادن الموجودة، أو علي الأكثر يتم هذا بنسب ضئيلة، وألا يُسبب فقدان نواتج التآكل الداخلية عن طريق الذوبان أو التفكك.

إن إزالة الدهون مُسبقاً من على القطعة، وإضافة مادة ذات جهد موجب، والتشرب تحت تفريغ جزئي يحسنون من نفاذ المحلول (راجع التنظيف). إن تجانس المحلول بالتقليب البطئ والمنتظم يعطي الفرصة لاستخلاص الكلوريدات عن طريق التجديد المستمر للمحلول فيما حول القطع.

حتى نستطيع أن نُقيّم كفاءة المعالجة ونحدد بدقة نهايتها فإنه يصبح من الضروري معرفة تركيز الكلوريدات النشطة المتبقية في القطعة بالقرب من السطح البيني معدن-طبقة تآكل. قد بينا رينوي Rinuy وشفايتزر Schweitzer أن التآكل النشط يبدأ من أول عتبة seuil معينة لتركيز الكلوريدات على سطح المعدن (Rinuy, Schweitzer, 1981). للأسف، لا يمكن معرفة تركيز الكلوريدات غير المُستخلصة إلا بأخذ عينة من معدن القطعة.

في المقابل، يكون من الممكن تتبع كمية الكلوريدات المستخرجة. متابعة المعالجة تكون مؤكدة عن طريق المعايرة اليومية ثم الأسبوعية للكلوريدات في المحلول (Mac Leod, 1984). عموماً، فإن تركيز الكلوريدات يزيد بشكل متطرد ثم يثبت ببطء قبل أن يصل إلى مستوى منبسط (بسطة) palier وذلك بعد مدة تتراوح غالباً ما بين أسبوع وحتى شهر. عندما نصل إلى مستوى منبسط، فإن المحلول يجب أن يتم تجديده، وذلك حتى لا يكون هناك انتشار للكلوريدات من الجسم إلى المحلول ويبقى تركيز المحلول مساويا لتركيزه عند البداية أو أن يظل هذا التركيز ضعيف (شكل ١٤) (مثلاً أقل من ٥٠ مللي جرام/لتر عند معالجة الحديد بالديامين الإيثيلي، Mac Cawley, 1988, p. 8).



شكل ١٤. منحني إزالة الكلوريدات.

يمكن معايرة الكلوريدات بطرق مختلفة: طريقة نترات الفضة (Rinuy, 1979)، طريقة نترات الزئبق (Hamilton, 1976, p. 97)، البوتنشيوميترية potentiométrie المباشرة باستخدام قطب نوعي لأيونات Cl^- والكُلوميترية coulométrie (North, 1987, p. 250-252).

بعد حمامات استخلاص الكلوريدات تُغسل القطعة بالماء المقطر مع التقليب، لمدة أسبوعين علي الأقل. فيما يتعلق بما سيجري بعد الشطف، نُرجع القاريء إلي جزء التنظيف.

اختيار طريقة الاستقرارية

معالجة الاستقرارية يمكن القيام بها قبل أوبعد التنظيف. قد رأينا فيما سبق أن طبقات التآكل تُحِد من الوصول إلى الكلوريدات. يعمل تنظيف نواتج التآكل الخارجية، على كشف السطح الأصلي، ويقلل من السمك الكلي لهذه الطبقات. يُسهل إذاً هذا التنظيف من الوصول إلى الكلوريدات وكذلك يسمح بالكشف عن مواضع التآكل النشط المغطاة بطبقات مُدمجة.

لكن هذا التنظيف لا يكون دائماً قابل للعمل قبل إجراء الاستقرارية. في الواقع، فإنه من الشائع أن يكون التدعيم ضرورياً قبل أو أثناء التنظيف، وبالأخص في حالة التنظيف الميكانيكي للأجسام المعدنية. غير أن التشرب بالمُدعم يقلل من نفاذية طبقات التآكل، وبالتالي من سهولة نفاذ الكلوريدات، ويمكن بواسطته تغطية مناطق التآكل النشط. كفاءة المعالجات تنخفض من دون أن يحول ذلك من استمرار التآكل النشط علي الأمد الطويل.

إن تدعيم القطع المتشققة شديدة الهشاشه يكون على الرغم من ذلك أحياناً لا غنى عنه قبل بعض معالجات الاستقرارية، وبالأخص اللائي يلزم معهن إجراء غمر immersion. لتجنب التشرب، قد نحتاج للاستعانة بالتدعيم الخارجي عن طريق شرائح من الشاش ملفوفة حول القطعة.

في الحالات القصوى، فإن التدعيم بتشرب الراتنجات المذابة يمكن أن يُؤخذ في الاعتبار. يجب التأكد من توافق الراتنج مع المعالجة المزمع القيام

بها (Bost, 1982; Tortignon, 1982)، واختيار تركيز الراتنج وطبيعة المذيب. لكن هذا التدعيم يكون له أثر على استخلاص الكلوريدات. فمثلاً، تدعيم قطعة من الحديد بالتشرب تحت تفريغ هواء جزئي براتنج الإيبوكسي Araldite AY 103/HY 956 المخفف بنسبة ٥ ٪ في الميتانول، قد خفض حتى ٢٧ ٪ من نسبة الكلوريدات المستخلصة في أثناء حمامات الكبريتات القاعدية (من أعمال المؤلف).

بعد تشخيص حالة حفظ القطعة، يتم اختيار طريقة الاستقرارية بدلالة:
- الحالة والمدى المنتشر فيه التآكل النشط؛
- طبيعة نواتج التآكل الداخلية، والآثار المحتمل تواجدها للمواد العضوية والمعادن أوالمواد الأخرى المتواجدة.

أي طريقة للاستقرارية يمكن من وجهة ما أن تُؤخذ في الإعتبار على حسب:
- نظام عملها (استخلاص، تحويل أو عزل داخلي للكلوريدات)؛
- الحصانة أو كمد الفاعلية للمعدن أثناء المعالجة؛
- الحفظ أو التحويل لنواتج التآكل المختلفة؛
- فاعليتها (استخلاص أو عزل شبه كامل للكلوريدات، الفترة الزمنية اللازمة للمعالجة)؛
- مرونة الاستعمال وهذا يعني تهيؤها لأطوار حفظ متعددة، ومعادن، ومواد مختلفة؛
- إمكانية معاملة عدد كبير من القطع؛
- سعر التكلفة (تكاليف الاستثمارات اللازمة، مواد الصيانة، والعمالة).

سنقدم لاحقاً طرقاً للاستقرارية يمكن تطبيقها بواسطة معدات قليلة. وهذا لا يجب أن يجعلنا نتشكك مسبقاً من فائدتها أو من التعقيدات الخاصة بعملها وذلك في مواجهة الطرق الأخرى التي نُرجع القارئ بخصوصها للمراجع الأكثر تفصيلاً.

استقرارية السبائك الحديدية

كما يتضح من تعدد الطرق المقترحة، فإن استخلاص كلوريدات الحديد تعتبر مشكلة حساسة من حيث أن آلياتها ليست معروفة بعد كلياً.

إن قصور انتشار الكلوريدات في قلب نواتج التآكل هو العامل الرئيسي الذي يحد من استخلاص الكلوريدات (North, 1987, p. 214). ويكون من الضروري إذاً زيادة مسامية طبقات التآكل بإحداث تغيرات فيزوكيميائية من أجل تسهيل هذا الانتشار (North, Pearson, 1978, p. 184).

كمثل الحال في فن تشكيل الحديد الذي يعتمد على طرق الحديد بشكل كافي لزيادة مقاومته ولكن بدون إفراط حتى لا يضعف ويصبح قابلاً للكسر، فإن «فن استخلاص الكلوريدات» يعتمد على مطلبين متضادين:

- إذابة الكلوريدات وتغيير مسامية طبقات التآكل؛
- المحافظة على نواتج التآكل الحاملة للسطح الأصلي.

يمكن لتفاعلات عدة أن تساهم في زيادة هذه المسامية: مثل إذابة بعض نواتج التآكل أو اختزالها كيميائياً إلى مواد تآكل أخرى أو حتى إلى المعدن ذاته. في هذه الحالة الأخيرة فإن نواتج التآكل التي نحصل عليها يمكن أن تكون لها كثافة أعلى، مما يسمح إذاً بترك فراغات وبالتالي تحسين إنتشار المحلول. يمكن لنواتج التآكل تلك أن تُظهر إلتحام أقل أوحتى تفتت، ميسرةً بذلك انتشار المحلول.

هذا الاختزال الكيميائي يمكن أن نحصل عليه عن طريق كيميائي (تفاعل عن طريق الهيدروجين في فرن للهيدروجين أو غرفة بلازما، أو اختزال عن طريق كبريتيت الصوديوم sulfite de sodium) أو عن طريق إلكتروكيميائي (اختزال كاثودي أثناء التحليل الكهربي). بما أن الاستخلاص يعتمد على الانتشار، فبالتالي يكون معتمدا على الزمن (North, 1987, p. 214). وهذا يفسر الفترات الزمنية الطويلة التي غالباً ما تستلزمها معالجات الاستقرارية. تكون الصفات الفيزوكيميائية لطبقات التآكل شديدة

التغيير، ولهذا يكون من الجائز لمعاملات المعالجات أن تختلف على حسب القطع، وتكون النتائج أحياناً متباينة.

هناك طريقتان رئيسيتان لأساليب إستخلاص الكلوريدات يمكن تطبيقهما، بالغمر أو في وسط غازي (ويشمل هذا في البلازما).

ترتكز طريقة الكبريتيت القلوي sulfite alcalin على الغمر في محلول صودا NaOH بتركيز ٠,٥مول (٢٠ جرام/لتر) أو كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3 بتركيز ٠,٥ مول (٦٣ جرام/لتر) في درجة حرارة قد تصل إلى ٥٠ درجة سيلسيوز (North, Pearson, 1975; Rinuy, 1981; Gilberg, Seeley, 1982). تسمح الصودا بوجود وسط قاعدي مناسب لكمد فاعلية الحديد ولإستقرارية أكاسيد وكبريتيدات الحديد، في حين يعمل كبريتيت الصوديوم كمختزل كيميائي. عن طريق استهلاك الأكسوجين الذائب في المحلول فإن كبريتيت الصوديوم يمكن له أيضاً أن يُحد من تآكل الحديد، ويمكن للقطع أن تخزن إذاً مع الإحتياط بمراقبة الحمام بانتظام (Mac Cawley, 1984). تلك الطريقة تطبق على قطع في حالات حفظ متنوعة جداً، ولا يشكل وجود معادن أخرى عائقا ما، فيما عدا الرصاص الذي يتآكل بسهولة في وسط قاعدي.

تُستخدم طرق أخرى عن طريق الغمر في محاليل مائية أمينية (Harrison, 1988): ٢,١ ديامينوإيثان (إيثيلين ديامين)، تري إثانولامين (TEA)، Vak IV (TEA ٥ ٪، فورمالدهيد ٦ ٪، إيزوبروبانول ٦ ٪، صودا ٥ ٪).

يبدو أن بعض الإحتياطات الخاصة يجب أن تُؤخذ في الإعتبار فيما يخص تصرف المعادن والمواد الأخرى (Harrison, 1988). الغمر في محلول مائي ٢,١ ديامينوإيثان بتركيز ٥٪ في درجة حرارة ٧٠ درجة سيلسيوز يبدو أنه يسمح بتحول الأكاجاميت إلى ماجنيتيت مُيسراً بذلك استخلاص الكلوريدات (Argo, 1982; Mac Cawley, 1984).

يمكن تطبيق التحليل الكهربي électrolyse بشكل متميز في بعض الحالات (راجع التنظيف). من ناحية، فإن الاختزال الكاثودي الذي يجري عند السطح البيني للمعدن مع طبقات التآكل وإذا في موضع التآكل النشط،

يُسهل إذابة الكلوريدات ويسمح بتغيير مسامية نواتج التآكل. ومن ناحية أخرى، فإن المجال الكهربي القائم بين الكاثود (القطعة) والأنود يسهل من انتشار الكلوريدات في قلب طبقات التآكل. تتم المعالجة عامةً في وسط قاعدي (صودا أوبوتاس ١ ٪) بجهد كاثودي يساوي – ١٫٠ فولت ESH حتى نضمن أيضاً حصانة المعدن أثناء المعالجة. سنحرص على الحد من إنبعاث الهيدروجين حتى نتجنب أن يصبح الحديد هشاً. تكون مدة معالجات الاستقرارية تلك غالباً ٧٠٠ ساعة على الأقل ويمكن أن تصبح ٢٥٠٠ ساعة للقطع ذات الشكل المعقد أو أجزاء المدافع الكبيرة.

قد تم تقديم طرق أخرى بالغمر: في كربونات الصوديوم الأحادي النصفي sesquicarbonate de sodium (راجع *Infra*) (Oddy, 1970)، في إيدروكسيد اللثيوم hydroxyde de lithium (Watkinson, 1970; Watkinson, 1982b)، في النشادر السائل عند – ٣٣ درجة سيلسيوز (Gilberg, Seeley, 1982)، أوفي الماء المقطر في قلب Soxhlet (Scott, Seeley, 1987). هناك طرق أخرى مازالت في الطور التجريبي مثل الديلزة (الفرز الغشائي بالكهرباء) électrodialyse (Bertholon, Pain, 1987) أو الإستشراد (هجرة الجزيئات المعلقة في مجال كهربي) في محلول كحولي لإيدروكسيد اللثيوم hydroxyde de lithium (Oddy, 1987).

تسمح المعالجة في وسط غازي بالإستخراج الجيد للكلوريدات ولكنها تتطلب معدات كثيرة مثل تلك اللازمة لإجراء الاختزال في فرن الهيدروجين عند درجات حرارة عالية (North, 1987, p. 216-227; Brakman, 1987; Barker *et al.*, 1982). يمكن لبعض التغييرات في البناء المعدني أن تتم على حسب درجة الحرارة (Tylecote, Black, 1980; Archer, Barker, 1987).

الاختزال في بلازما الهيدروجين يبدو اليوم كطريقة مبشرة جداً بالأمل. فهي تسمح باختزال شديد الفاعلية لنواتج التآكل للحديد (Patscheider, Veprek, 1986) ولكنها يمكن أيضاً أن تطبق على معادن أخرى سواء كان هذا لمعالجات الاستقرارية أو للتنظيف (Daniels *et al.*, 1978; Veprek *et al.*, 1987).

استقرارية السبائك النحاسية

يمكن أن نحصل أيضاً على استقرارية السبائك النحاسية عن طريق إستخراج الكلوريدات. ولا تكون تلك الاستقرارية ممكنةً في بعض الأحوال، سواء كان هذا بسبب صعوبة الوصول للكلوريدات، أو لوجود طبقة متصلة من الكلوريدات الحاملة لنواتج التآكل الداخلية المتشققة أو المسامية.

لإيقاف عمليات التآكل النشط، يجب إذاً عزل طبقة الكلوريدات النحاسية تلك عن الوسط المحيط، هذا العزل يتأتى عن طريق تحول جزئي للكلوريدات إلى طبقة مركبة ومستقرة تلعب دور «حاجز» كيميائي. هذا الحل، الذي لا يمكن أحياناً تجنبه، ويكون له مع ذلك عيب وهو تركه خطر رئيسي ما يزال قائماً.

استخلاص الكلوريدات

استخلاص الكلوريدات النحاسية يمكن أن يتم بالغمر في محلول كربونات الصوديوم الأحادي النصفي sesquicarbonate de sodium (محلول متساوي المول من هيدروچينوكاربونات الصوديوم $NaHCO_3$ وكربونات الصوديوم Na_2CO_3)، بتركيزات تختلف من ١ ٪ ($NaHCO_3$: ٤٫٤ جرام/لتر، Na_2CO_3: ٥٫٦ جرام/لتر) حتى ٥ ٪ ($NaHCO_3$: ٢٢ جرام/لتر، Na_2CO_3: ٢٨ جرام/لتر). التأثير الكيميائي لكربونات الأحادي النصفي يقوم أساساً على تدعيم فرص إذابة CuCl بفضل رقم الـ pH القاعدي أو بعمل مركبات معقدة حسب التفاعلات الآتية:



$$2\,CuCl + OH^- \rightarrow Cu_2O + H^+ + 2\,Cl^-$$

(Oddy; 1970)



$$4\,CuCl + O_2 + 8\,HCO_3 \rightarrow 4\,(Cu(CO_3)_2)^{2-} + 4\,H^+ + 4\,Cl^- + 2\,H_2O$$

(Mac Leod, 1987b)

تكون نفاذية المحلول في داخل فوهات التآكل لا غنى عنها. يعتمد انتشار الكلوريدات خارج القطعة أساساً على مسامية نواتج التآكل

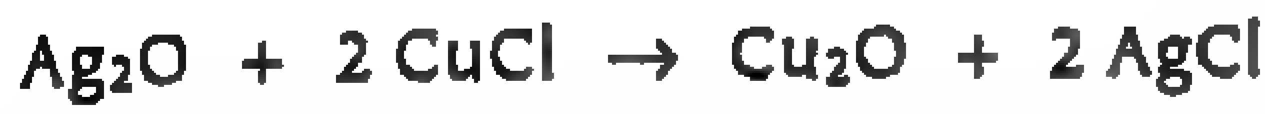
والكوبريت بالذات (Mac Leod, 1987b). تتطلب هذه المعالجة أحياناً مدة طويلة (بضعة أشهر) ولكنها تسمح بحفظ جيد لنواتج التآكل (وبالتالي للسطح الأصلي أو للغشاء الأكسيدي الملون المحتمل «الباتينا»). يُستعمل الكربونات الأحادي النصفي أيضاً كمحلول إلكتروليتي أثناء التحليل الكهربي عند جهد كاثودي ١,٠ – فولت ESH (Pain, 1988)، وهذا يتيح الجمع ما بين هاتين الطريقتين مجتمعتين. بعكس ما هو وارد في كثير من الأعمال (ومنها حديثاً: Draymam-Weisser, 1987)، فإن التحليل الكهربي لا يؤدي لزاماً إلى التخلص من نواتج التآكل. تتحدد التفاعلات الإلكتروليتية جزئياً عند الكاثود، بواسطة الجهد الكاثودي.

قد نستعمل حمامات أخرى، مثل الحمامات بالمياه المنزوعة التمعدن (North, 1987, p. 235)، وبالمحاليل المائية لحامض السيتريك بتركيز ٥ ٪ مع التيورية thiorée بتركيز ١ ٪، وبالأسيتونيتريل acétonitrile بتركيز، ٥ ٪ ،وبديتيونيت الصوديوم dithionite de sodium بتركيز ٥ ٪ في الصودا واحد مول (في حالة نواتج التآكل المكونة أساساً من الكبريتيد) (بخصوص هذه الطريقة أنظر: Mac Leod, 1987a) أوحديثاً ٥ أمينو، ٢ ميركابتو، ١, ٣، ٤ تيادیازول 5.amino.2.mercapto.١,٣,٤.thiadiazale (AMT) (Ganorkar *et al.*, 1988).

أخيراً، سننوه عن طريقة روزينبرج Rosenberg التي تستلزم مواد من السهل عامةً الحصول عليها. في مواضع التآكل النشط نضع الجلسرين أو الـagar-agar الذي نغطيه برقيقة من الألومنيوم، ويوضع الكل في غرفة رطبة لمدة يوم. وتتكون بطارية بين القطعة والألومنيوم تؤدي إلى اختزال كلوريد النحاس وإذابة الالومنيوم. يجب أن تعاد هذه المعالجة من جديد حتى لا يعود الألومنيوم غير ذائب. تتحدد نهاية المعالجة بعد اجراء اختبار تآكل نشط.

عزل الكلوريدات

في حالة التآكل النشط المركز في بعض الفوهات، فإنه من الممكن استعمال طريقة أكسيد الفضة Ag2O. بعد التنظيف الميكانيكي للفوهات، يتم ترسيب أكسيد الفضة (مسحوق أسود) في الفوهات بطرف فرشاة قد تم غمرها مسبقاً في الكحول (Organ, 1977, p. 126). توضع القطعة بعد ذلك في غرفة رطبة خلال يوم كامل. تتحول إذاً في ذات موضعها *In situ* الكلوريدات النحاسية إلى كلوريدات الفضة المستقرة، غير القابلة للتحلل تحت تأثير الرطوبة، تبعا للتفاعل الآتي:



$$Ag_2O + 2\,CuCl \rightarrow Cu_2O + 2\,AgCl$$

نكرر المعالجة ما دام اختبار التآكل النشط لا يزال إيجابياً. عندما يكون التآكل النشط ظاهراً على القطعة بأكملها، فإننا نفضل إذاً المعالجة بالغمر.

الطريقة B 70 يكون الهدف منها استثارة تكوين طبقة من كربونات النحاس $CuCO_3$ على سطح كلوريدات النحاسوزالملاصقة للوسط (Miccio, Ronchi, 1974). في البداية تُغمر القطعة في محلول النشادر لمدة حوالي ساعة (d = ٠,٨٨) بتركيز ١٠ ٪ في الميتانول. هذا الحمام يكون غرضه التخلص من الهيدروكلوريدات (أتاكاميت atacamite) وإذابة الكلوريدات النحاسية التي يمكن الوصول إليها. ثم تُغمر القطعة كذلك لمدة حوالي ساعة في محلول ماء الأكسوجين(ذو ٣٦ حجم) بتركيز ١٠ ٪ بالحجم في الميثانول (Angelucci *et al.*, 1978). هذا المحلول الثاني يكون الغرض منه إثارة تكوين هيدروكسيد النحاس على سطح الكلوريدات النحاسية، هذا الهيدروكسيد سيتحول إلى كربونات بعد ذلك تحت تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء. تتكرر المعالجة حتى يعطي اختبار التآكل النشط نتيجة سلبية.

في أثناء المعالجة بالبنزوتريازول benzotriazole (BTA)، فإن القطعة تكون مغمورة في محلول بتركيز ٣ ٪ في الكحول أوفي محلول بتركيز ١ ٪ في الماء في درجات حرارة قد تصل إلى ٥٠٠ درجة سيلسيوز، ولفترات تتراوح

بين نصف ساعة حتى عدة أيام (Sease, 1978). سيُكّون الـ BTA مركبات تترسب على سطح كلوريدات النحاسوز مما يعزلها عن الوسط المحيط. ومع ذلك، يبدو إن فاعلية الـBTA في عزل الكلوريدات تكون مُأكدة بشكل أقل مما هي عليه في حماية المعدن غير المصاب. ويظهر أن فاعلية هذه المعالجة تزيد بالغمر المُسبق في محلول كربونات الصوديوم (Drayman-Weiser, 1987). ومع شبهة السُمية (Oddy, 1974)، فإنه يجب أن تُتخذ احتياطات خاصة في حالة التعامل معها (قفازات، أغطية وجه).

استقرارية الرصاص وسبائكه

إن إزالة أستات الرصاص يمكن أن تتم عن طريق التحليل الكهربي في وسط قاعدي (صودا بتركيز ٢ ٪) عند جهد كاثودي - ١,٢ فولت (Bertholon, 1986a)، أو في وسط حامضي (حامض الكبريتك بتركيز ١٠٪) (Lane, 1975) عند جهد - ٠,٦ فولت ESH. تسمح هذه المعالجات باستخراج العناصر الكيميائية الضارة مع حفظ حصانةالمعدن. في بعض الحالات، يمكن لنا أيضا اختزال كربونات الرصاص إلي رصاص (Lane, 1979).

طرق أخري تكون مستعملة مثل الراتنجات المبادلة للأيونات résines échangeuses d'ions (Organ, 1953) أو المحاليل المائية من EDTA (Watson, 1985).

يجب أن نعطي اهتمام خاص للشطف الذي يلي المعالجة. إن معادلة neutralisation المتفاعلات أو الإليكتروليتات القاعدية بواسطة حمام من حامض الكبريتيك بتركيز ٢ ٪ يسمح أيضاً بتكوين طبقة حماية من كبريتات الرصاص ويبدو كانه يلعب دوراً مهماً في الاستقرارية علي المدى الطويل (Lane, 1987). يتآكل الرصاص في الماء المقطر (لأن هذا الماء يكون خالي من الكربونات)، يتم الشطف بحمامات متعددة من الماء الجاري (أربع أو خمس مرات) لمدة نصف يوم على الأكثر.

الحماية

حماية قطعة معدنية يتضمن عزل المعدن عن الوسط بفضل شريحة رقيقة مكونة إما عن طريق تفاعل المعدن مع مركب كيميائي (مانع تآكل)، أو عن طريق راتنج أو شمع.

موانع التآكل

مانع التآكل إذا أضيف بكمية صغيرة إلي وسط أساساً أكّال corrosif، فانه يقلل من نسبة التآكل وذلك بالإقلال من قابلية المعدن للتفاعل مع هذا الوسط (Shreir, 1977, p. 18.12). آليات منع التآكل تكون متعددة ومعقدة، تعتمد أساساً إما على تكوين راسب علي المناطق الأنودية و/أو الكاثودية، أوعلى الإمتزاز (الإدمصاص) علي نفس هذه المناطق (Shreir, 1977). هذه الظواهر تُبطئ أو تمنع إتمام تفاعلات التآكل الإلكتروكميائية. نتعرف على الموانع تبعاً لمعايير متعددة (Walker, 1982; Skerry, 1985):

- نطاق عملها: الموانع الأنودية تمنع التفاعلات الأنودية والموانع الكاثودية تمنع التفاعلات الكاثودية أما الموانع المختلطة فتمنع كل التفاعلات؛
- تأثيرها المؤكسد من عدمه؛
- طريقة عملها (تكوين غشاء أو إمتزاز)؛
- طبيعتها الكيميائية، عضوية أو غير عضوية؛
- تكون آمنة الاستعمال، فمثلاً إذا كان تركيز المانع الأنودي غير كاف فإن هذا قد يتسبب في إمتزاز غير تام للمناطق الأنودية مؤدياً إلى تآكل موضعي مكثف. إذا أسيئ استخدام الموانع الأنودية فإنها قد تمثل خطراً (Turgoose, 1985).

يمكن للموانع أن تستعمل كمحلول مع أو بدون عامل جهد نشط tensio-actif وذلك أثناء تخزين مؤقت قبل المعالجة أو أثناء تنظيف كيميائي موجه لاستبعاد نواتج التآكل؛ فعند إضافة الموانع للحمام فإنها تمنع مهاجمة المعدن.

الموانع المكونة لغشاء (فيلم) تستعمل للحماية النهائية للقطعة. بالنسبة لكل الموانع المستعملة أو المطبقة في صورة محلول، فإن التشرب تحت تفريغ هواء جزئي يكون مرغوب فيه. كذلك يجب أن يتبع حمامات الموانع شطف متعدد. لكن الموانع لا تكون دائماً فعالة بسبب البناء المعقد للمعدن الأثري الذي لايسمح لها بأداء دورها العادي كما على المعدن المكشوف (Turgoose, 1985).

سنذكر أيضاً الموانع التي تكون في طور البخار (VPI) وهؤلاء لا يطبقون على القطعة بل ينتشرون في جو التخزين عن طريق ورق أو نسيج مُتشرب. هذه المواد تكون غالباً سامة ويجب أن تستخدم في وسط مقفل (Stambolov, 1978).

سبائك الحديدوز

في المحلول (انظر في هذا الصدد: Walker, 1982; Flenn, Foley, 1975):

كرومات الصوديوم عند ٢٫١ جرام/لتر عند رقم الـ pH أعلى من ٨٫٥ (Pearson, 1972, p. 97)، خليط حامض التنيك عند ٥٠ جرام/لتر acide tannique وحامض الفسفوريك عند رقم الـ pH يساوي ٢ (Argo, 1981)، نيتريت الصوديوم عند ٣ ٪ nitrite de sodium في الإيثانول (Mourey, 1981a).

مع تكوين غشاء: في حالة القطع قليلة التآكل، يبدو أن المواد المستعملة في الصناعة تعطي نتائج طيبة (Turischeva, 1984).

VPI: نتريت الديسيكلوهيكسيلامين nitrite de dicyclohexylamine وكربونات السيكلوهيكسيلامين carbonate cyclohexylamine (٦٠ جزء في ٢٠ جزء من الكازيين و١٢٠ جزء من الماء، مطبق على ورق) (Stambolov, 1978). هذا الأخير يمكن أن يكون له تأثير تآكلي على المعادن الاخرى (Turgoose, 1985).

سبائك النحاسوز

في المحلول: البنزوتريازول بالنسبة لبعض المحاليل مثل هيكزاميتافوسفات الصوديوم (Merk, 1981).

عن طريق تكوين غشاء: البنزوتريازول، سواء عند ١ ٪ في الماء، أوعند ٣ ٪ في الإيثانول. يختلف زمن الحمام من بضع دقائق إلى بضع عشرات من الساعات على حسب شدة التآكل، عند درجة حرارة تصل إلى ٥٠ درجة سيلسيوز (Brinch Madsen, 1967; Greene, 1975; Sease, 1978).

VPI: نيتريت الديسيكلوهيكسيلامين nitrite de dicyclohxylamine (Stambolov, 1978)، البنزوتريازول (Sease, 1978).

الفضة

VPI: نيتريت الديسيكلوهيكسيلامين nitrite de dicyclohexylamine أو الكلوروفيل chlorophyle (Stambolov, 1978).

الراتنجات والشمع

إن إزالة الدهون وتجفيف القطعة، بقصد إزالة أي آثار للرطوبة في داخل نواتج التآكل وعلى المعدن، هي عمليات سابقة لتطبيق أي غشاء. في حالة عدم وجود جفاف كلي فإن الرطوبة تكون محتجزة تحت الغشاء، ويمثل الغشاء الواقي إذاً غرفة رطبة فعلية يحلو فيها للتآكل أن يستمر.

هذا التجفيف يمكن أن نحصل عليه عن طريق عدة طرق، قد تستعمل منفردة أو مجتمعة:

- التجفيف في مجفف بدفع الهواء عند ١٠٥ درجة سيلسيوز أو تحت مصابيح الأشعة تحت الحمراء؛
- التخلص من الرطوبة بالغمر في مذيب (كحول مثلاً)؛
- تجفيف في وجود عامل مُجفف (سيليس هلامي (چل السيليس) gel de silice.

في أثناء التجفيف في المجفف، فإن الارتفاع أو الانخفاض في درجة الحرارة يجب أن يكون متدرجاً بشكل كبير حتى نتجنب الصدمات الحرارية التي يمكن أن تتسبب في إضعاف القطعة. في الواقع، سيكون للمعدن تصرفه المختلف جداً عن نواتج التآكل لأن معاملات التمدد لا تكون متقاربة. كذلك فإن درجات حرارة أكثر ارتفاعاً يمكن أن تؤدي أيضاً إلى تدهور محتمل للراتنجات المستعملة أثناء اللصق أو التدعيم.

قُدمت عدة طرق للحماية (Pascoe, 1982)، من ضمنها يبرز استعمال غشاء مكوناً أساساً من الراتنجات أو الشمع وهذه الطريقة سنقوم باستعراضها هنا. تعتمد فاعلية الحماية على الصفات الذاتية للمواد (عدم النفاذية لبخار الماء والغازات، مقاومة الصدمات الحرارية، المرونة، الالتصاق) وعلى صفات الغشاء (السمك، الانتظام).

طريقة الاستعمال (الغمر تحت الضغط العادي أو تحت تفريغ هواء جزئي، استعمال الفرشاة) سيكون لها تأثير على صفات الغشاء(Mourey, 1987b، ويكون من الأفضل اللجوء إلى الغمر كلما كان ذلك ممكناً.

الراتنجات الرجوعية résines réversibles المستخدمة هي في الغالب من الأكريليك acryliques، وفي بعض الأحيان من الفينيليك vinyliques (Rhodopas M 60)، ودائماً تكون على هيئة محلول. ولا ننصح باستخدام المنتجات التي تكون بطبيعتها غير رجوعية irréversibles (راتنجات الإيبوكسي، البوليستر، إلخ...).

تعتمد صفات الغشاء أيضاً على تركيز الراتنج وعلى طبيعة المذيب. وبالطبع يعتمد اختيار المذيب على قابلية الراتنج للذوبان. من المستحسن استخدام مذيبات تكون قليلة الاحتجاز faible rétention مثل الكحول والأسيتون (Masschelein - Kleiner, 1981, p. 37). تركيز الراتنج (من ٣ إلى ١٠٪) يكون له تأثير على لمعان الغشاء.

من بين جميع الراتنجات الأكريليكية، يمكن أن نوصي بالنسبة للسبائك النحاسية باستخدام السينوكريل Synocril أو الإنكرالاك Incralac المُحتوي على البانزوتريازول، وبالنسبة للسبائك الحديدية، السينوكريل أو البارالويد

B 48 N. بما أن قابلية الرجوعية الفعلية لهذه الراتنجات تكون مؤكدة على المدى الطويل، فإن استعمال البارالويد B 72، حتى وإن كان لا يعطي أفضل حماية (Mourey, 1987b)، فإنه يمكن تبرير استعماله لرجوعيته الجيدة على المدى الطويل. إقترح مؤخراً معالجات مبدئية مكونة أساسا من السيلان silane كوسيلة لتحسين التصاق الراتنجات الأكريليكية على القطع المصنوعة من السبائك الحديدية (Aoki, 1987). بالنسبة للقصدير والفضة، شديدا الحساسية لانطفاء اللمعان، يمكن أن يتم حمايتهما عن طريق غشاء برالويد B 72 (محلول ٥ ٪ في الأسيتون).

فيما يتعلق بالرصاص وسبائكه، فإنه لا توجد حماية مؤثرة فعلياً على المدى الطويل ويكون لا غنى عن توفير تخزين مثالي له (Lane, 1987).

بعض الطلاء البراق (فرنيه) مثل البرالويد B 72 يمكن له مع ذلك حماية القطعة من المعاملات اليدوية.

يكون الشمع المستخدم ذوطبيعة معدنية (شمع دقيق البلورة). يستعمل سواء في الحالة السائلة عند درجة ١٠٠ سيلسيوز أودرجة ١٢٠ سيلسيوز (فوق نقطة انصهاره الكائنة في نطاق من ٧٠ إلى ٨٠ درجة سيلسيوز) أوفي محلول (١٠ ٪ في الكحول الأبيض مثلاً). بالنسبة لطرق استخدامه، ينبه موري Mourey إلى أن الغمر الممتد على الساخن يؤدي إلى ترسيب طبقة بسمك غير كافٍ لحماية فعالة (أقل من واحد ميكرومتر) (Mourey, 1987b).

التخزين بعد المعالجة

سنستعرض المبادئ العامة للتخزين في الباب العاشر، نقتصر هنا على الإحتياطات الخاصة بتخزين المعادن.

بعد المعالجة يجب تخزين كل المعادن في وسط جاف، ذو رطوبة نسبية أقل من ٤٠ ٪.

يكون تخزين القطع صغيرة الحجم سهل التحقيق عن طريق وضعها في علب محكمة الغلق من البولي إيثلين (Tuperware, Miflex) مع جل سيلكا

جاف (Silicagel، أو Actigel، الذي يكون أزرق عندما يحتوي على مبين تشبع ملون) بنسبة ٢٠ كجم / م٣ (Thomson, 1977; Lafontaine, 1984).
في هذه العلبة، يمكن تغليف القطع منفردة في أكياس من السيلوفان مع بيان رقمها الكودي. يجب أن نتجنب وضع القطع -مباشرةً- ملامسة لإطارات من الألومنيوم، لأن آليات التآكل الجلفاني يمكن أن تعمل في وجود الرطوبة ويؤدي هذا ليس فقط إلى تحلل الالومنيوم ولكن بالأخص إلى إيجاد ترسيبات غير مستحبة على القطعة (Genin *et al.*, 1987).

في وجود كبريتيد الهيدروجين hydrogène sulfureux تُغطى الفضة بغشاء رمادي-أسود من كبريتيد الفضة Ag_2S وهو ما نطلق عليه انطفاء لمعان الفضة. عند رطوبة نسبية أقل من ٢٠ ٪ يصبح هذا التآكل أقل في الأهمية (Graedel *et al.*, 1985). كبريتيد الهيدروجين الموجود طبيعياً في الهواء، يمكن أن يزداد في دولاب العرض الزجاجي أو في أي مكان آخر للتخزين في وجود الصوف أو الجلد أو الكاوتشوك المصلد بالكبريت (الذي عمل له فلنْكة) vulcanisé (Blackshaw, Daniels, 1978). استبعاد كبريتيد الهيدروجين يمكن أن يتأتى عن طريق وضع ورق خاص مُشرب بمادة تتفاعل بسهولة مع H_2S (Plenderleith, 1971, p. 232)، ويظل وضع طلاء براق (ڤرنيه) هو الحل الأكثر أماناً لمواجهة هذا التآكل.

يكون النحاس أيضاً عرضة للتآكل في وجود كبريتيد الهيدروجين (Graedel *et al.*, 1985). وضع طلاء براق سوياً مع المعالجة بالبانزوتريازول يعطي حماية مرضية (Hjelm-Hansen, 1984).

لا يتطلب القصدير أي حماية خاصة. سنورد فقط ذكر إمكانية تغيير البناء البلوري عند درجات الحرارة المنخفضة. ولحسن الحظ فإن درجات الحرارة تلك تكون غير شائعة في متاحفنا ويظل «طاعون القصدير» peste de l'étain يمثل حالة استثنائية.

أما بالنسبة للرصاص، فإنه يكون حساس للغاية لأبخرة الأحماض العضوية أساساً حامض الأستيك (الخليك). هذه الأبخرة يمكن أن تنتج من تحلل بعض مكونات الخشب الطبيعي (مثلاً من شجرة البلوط أو الكستناء) أو

من أكسدة بعض المصلدات المستخدمة في الغراء الداخل في تصنيع الأخشاب مثل خشب الكونتر، الخشب المضغوط، الخشب المُصنع من شرائح ملصقة (Shreir, 1977, p. 19-75; Blackshaw, Daniels, 1978). هذه الأبخرة تتسبب في تآكل فاجع للرصاص يؤدي إلى الدمار الشامل للقطعة. يجب استبعاد هذه المواد تماماً عند وجود الرصاص سواء كانت ملامسة له بشكل مباشر أو غير مباشر. يجب تخزين الرصاص في مكان جاف، في علب أو دواليب عرض معدنية أو زجاجية أو تكون مصنوعة من بعض المواد البلاستيكية مثل البولي إيثلين (Blackshaw, Daniels, 1978) أو البلكسي جلاس (Petrou-Lykiardopoulou, 1987).

في حالة ما إذا كان لا يمكن الاستعاضة عن وجود الخشب، فإن بعض الطلاء البراق (ڤرنيه) يجب أن يُستخدم لطلاء الخشب وهذا يؤدي إلى التقليل من انتشار هذه الأبخرة (Miles, 1986) ولكن لا يبدو هذا الحل فعالا ١٠٠ ٪ ويكون من الأفضل التأكد من وجود تهوية جيدة لمكان التخزين حتى نتجنب تركيز الأبخرة المسببة للتآكل. وأخيراً، إذا لم يكن هذا ممكناً فإنه من المناسب الحفاظ على هيجروميترية منخفضة حيث أنه من ناحية ما يكون للرطوبة دور مهم في انبعاث هذه الأبخرة (Werner, 1987) ومن ناحية أخرى فإن چل السيلكا يمتص جزئياً الأبخرة الحمضية (Blackshaw, Daniels, 1978).

بدرجة أقل، يكون الحديد حساس أيضاً للأبخرة الحامضية العضوية ولكنه لا يستلزم كل تلك الضوابط عند استعمال مواد التخزين. وفي المقابل، لا يكون هناك غنى عن وسط جاف لحفظه بشكل جيد.

الختام

كل التقنيات التي تم عرضها في هذا الباب، أغلبها قد تم تطبيقه بشكل عادي. سواء كانت مستوحاة رأساً من البحوث الصناعية الحديثة أو كانت مستخدمة منذ سنين عديدة، وهي تسمح للمرمم-القائم بالحفظ بالتعامل بكفاءة مع القطع المعدنية التي توكل إليه يومياً.

غير أنه لا يجب أن يكون تطبيق التقنيات الحديثة بغناها الشديد بالمنتجات الجديدة الواردة من الصناعات الكيميائية، عوضاً عن الأبحاث الأساسية التي بدونها لا يمكن لأي تقدم حقيقي أن يتحقق.

في الواقع، فإن علامات إستفهام عديدة تبقى مرتبطة بالبناء نفسه للمعدن الأثري وبخصوصيته التي غالباً ما تكون مدروسة بشكل قليل: آليات التحول المرتبطة بوسط الدفن، طبيعة وبناء نواتج التآكل، العلاقة بين تقنيات التحضير والتآكل...

وتكون الدراسة المتعمقة لهذه النقاط وحدها هي القادرة على التحسين الفعلي لفاعلية تقنيات الحفظ وتحديد قدرتها النوعية.

إن علم ونظم الحفظ والترميم كلها تكون متلاحمة هنا وذلك لأننا يجب ألا ننسى أنه وراء أي مادة شديدة التغيير تختفي قطعة يجب علينا حفظها ولكن قبل أي شئ يجب علينا فهمها.

الباب السادس

المواد العضوية

سيلڤيا دو لابووم

على العكس من المعادن والخزف أو الزجاج الذين هم نتاج لتقنيات تحويل للمواد الطبيعية (أكاسيد، طينة، سليكا، إلخ...)، فإن المواد العضوية تتواجد في بيئتنا على حالتها الطبيعية. وهي عبارة عن مواد حيوانية ومصادر نباتية قد تم استغلالها علي مدار الزمن.

قد تكشف بعض الحفريات عن كميات وفيرة من القطع أو البقايا العضوية في حين ينعدم في البعض الآخر، وإن وجد يكون هذا في صورة بقايا.

يتحدد مدى شدة التدهور dégradation الذي تعرضت له المواد العضوية على نوع الوسط خلال فترة الترك.

إذا كان من المستحيل علينا، في هذا الباب، التفصيل بإسهاب لجميع طرق حفظ المواد العضوية الكثيرة جداً والمتنوعة، فإننا نقترح أن يكون هذا من خلال أربعة مواد هي الأكثر شيوعاً في الاستعمال لصناعة القطع (خشب – خوص، جلد حيوان – جلد مُصنع، عظم – عاج، نسيج) والتي سنستعرض الخصائص الفيزيوكميائية لطبيعتهم وللتغيرات التي تمر بهم.

إن أغلب أسس التغيير تلك altération تعمل علي القطع خلال فترة الدفن، وإذا كنا لانستطيع بالقطع معرفة هذه الظواهر التي تنتمي لماضي القطعة بشكل مؤكد، فإن ملاحظة الأطوار المختلفة لها وقت الكشف عنها، والتي نستكملها بتحليل الوسط الموجودة به، يكون أساساً لاختيار طريقة الحفظ.

إن الاكتشافات والتطورات الهائلة التي تمت خلال عشرون عاماً تمكننا اليوم من أقتراح سلسلة من المعالجات التي وإن كان يمكن بلا شك تحسينها لبلوغ الكمال إلا أنها تتوافق مع المشاكل الملموسة للحفظ الأثري.

سيتم في هذا الباب التعرض للتقنيات الأساسية للحفظ، وسنركز على الطرق الخاصة بالآثار والتي يتم فيها التدخل في أدني صوره لكي نصل لحالة استقرار للقطعة تبقي فيها وظيفتها وتقنيتها وتاريخها بقدر المستطاع مُستكملة ومُستقرءة.

المواد العضوية: في الحالة الطبيعية

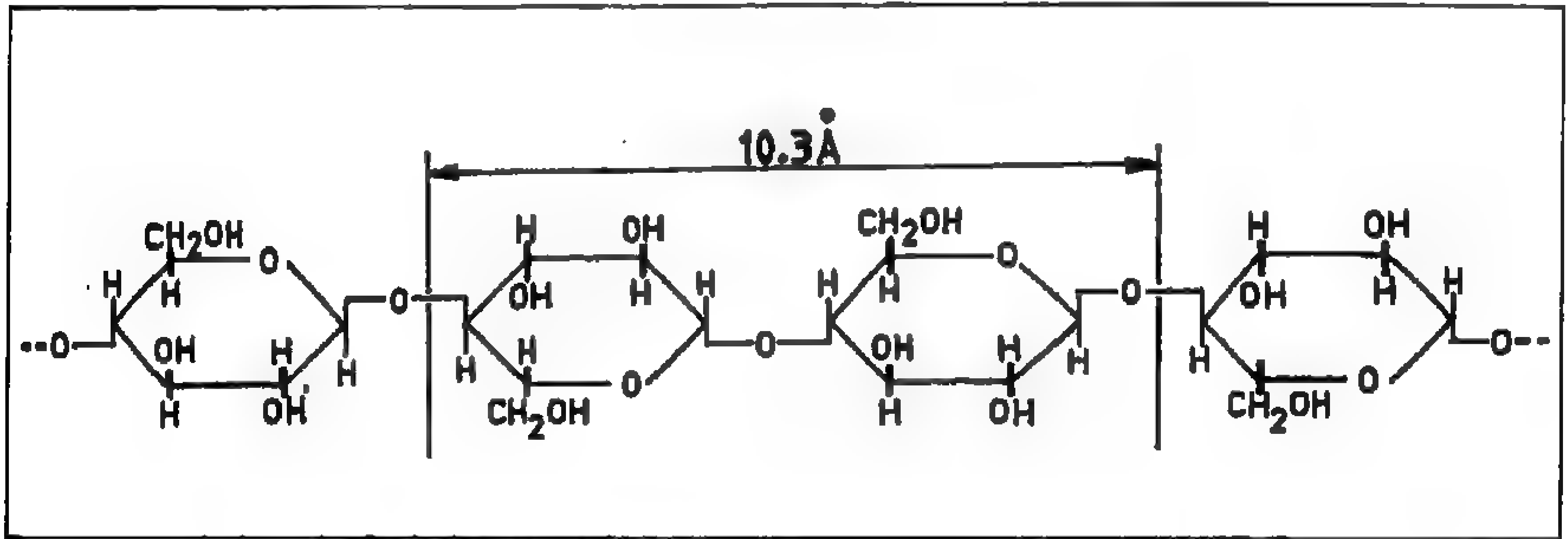
تتضمن المواد العضوية كل المنتجات الطبيعية النابعة من الوسط النباتي والحيواني. تتعرض علوم الأحياء النباتية والحيوانية لمراحل مختلفة من تطور المادة الحية. المراحل الأساسية فيها تكون: التكاثر، النمو، النضوج، الفناء (التلاشي). تكون الخلية هي الوحدة الأساسية لهذه المادة. عن طريق عملية الانقسام المتتالي فإن ملايين الخلايا المتكونة تنتظم على شكل نسيج tissu. في أثناء النمو فإن خلايا النسيج تختلف عن بعضها البعض، عن طريق شكلها وطبيعة مركباتها الكيميائية لتصبح لها طبيعة نوعية خاصة بها.

المادة العضوية تكون إذاً مكونة من أنسجة مختلفة، يمكننا أن نُعرف من ضمنها: أنسجة التخزين والدعم والتوصيل عند النباتات، والأنسجة الضامة (الرابطة) والعظمية عند الحيوانات. إذا ما أردنا فهم طبيعة المواد العضوية، فإنه من الضروري معرفة عناصر التكوين الأساسية بها، ونعني بهذا الخلايا بما يكون لها من تركيب كيميائي وما هي عليه من ترتيب يأخذ شكل النسيج.

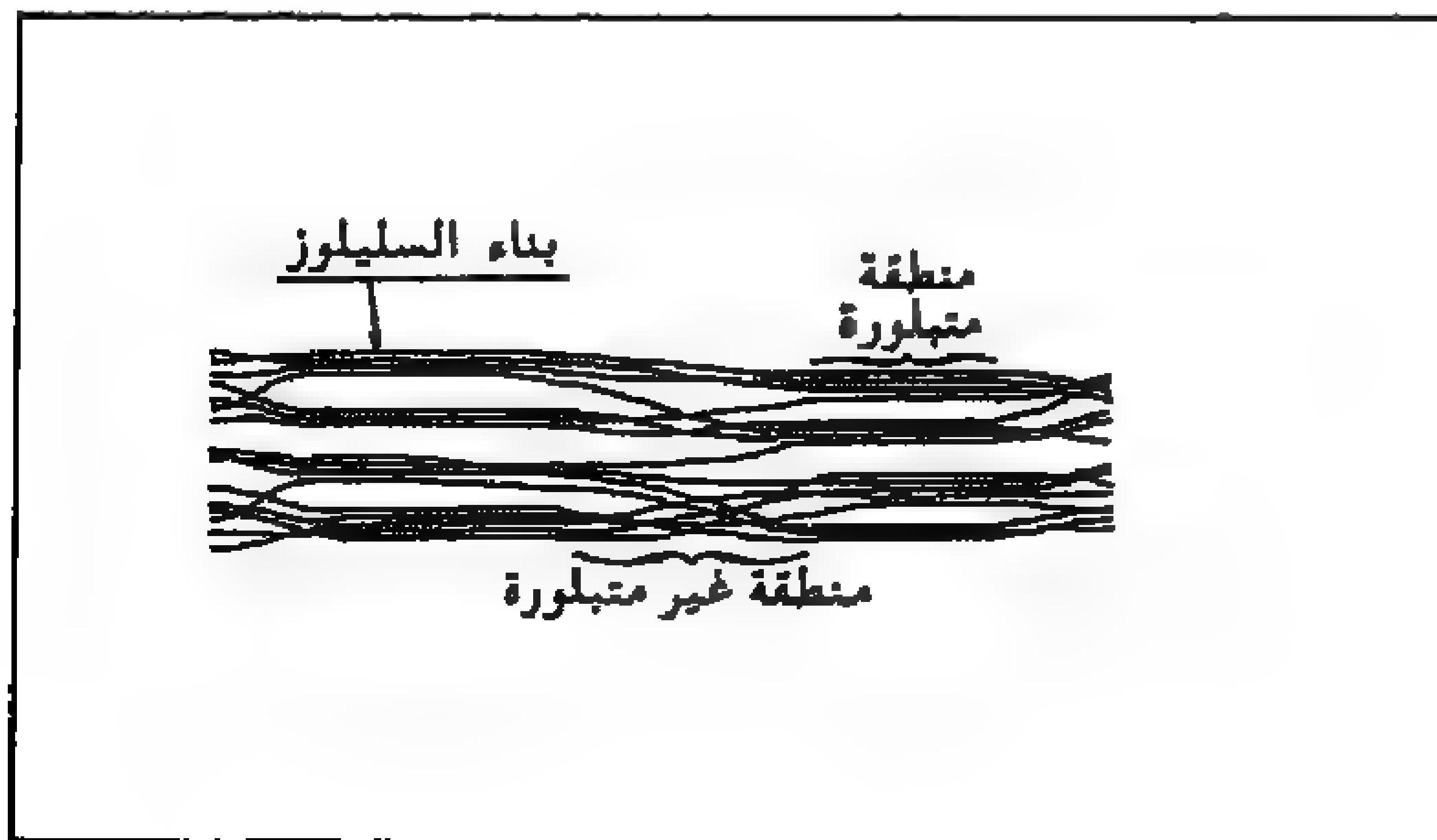
الطبيعة الكيميائية للخلايا النباتية

تكون الخلايا النباتية محصورة بجدار مكوناته الكيميائية الأساسية من السليلوز والهيميسليلوز واللجنين (الخشبين).

السليلوز cellulose، وهو بوليمر عالي طبيعي، يكون في صورة بولي سكاريد (سكر عُدادي) polysaccharide، مُكون من الاتحاد المتسلسل لجزيئات ذات طبيعة سكرية، بفضل روابط من النوع الجلكوزي (Arnaud, 1978). الوحدة الأساسية له تكون مكونة من عدد اثنين سكر لهما ست ذرات من الكربون (هكسوز) hexoses، وهي تماثل تكوين البيتاسلوبيوز β-cellobiose $(C_{12}H_2O O_{10})_n$ (شكل ١-ا). القيمة n، التي تعبر عن درجة البلمرة وتمثل عدد الوحدات الأساسية للسلسلة الجزيئية، تكون في حدود 3000، وقد تنخفض إلى 1000 عندما تتغير السلسلة بالتميؤ hydrolyse أو بالأكسدة oxydation، وهي تفاعلات تسبب كسر الوصلات البين-جزيئية.



شكل ١-ا. بناء السليلوز.



شكل ١-ب. بناء لليفة مِكروية.

يعمل التجمع لمايقرب من ٤٠ سلسلة سليلوزية على تكوين الليفة الأولية (البسيطة) fibre élémentaire، وهي تمثل أصغر قطر يمكن التعرف عليه تحت الميكروسكوب الإلكتروني ويكون حوالي ٣٥ أنجستروم (الـ ١ أنجستروم = ١٠-١٠ متر).

في أماكن معينة يكون لسلسلة السليلوز تنظيم متقن فيما بينها. وهذا يكون راجعا لتكون وصلات ثانوية بين السلاسل الجزيئية، ويترجم على الليفة الأولية بوجود مناطق متبلورة zones cristallines (تسمي أحياناً ذرات حَكّمية micelles). هذة المناطق يمكن الكشف عنها بالتحليل عند إستطارة الأشعة السينية (أشعة X) diffraction-X. وهي تكون متقاطعة بطول الليفة الأولية مع مناطق أخرى تسمي «لابلورية» (غير متبلورة) amorphes، وفيها تكون سلاسل السليلوز - غير المقيدة - عديمة الانتظام. تكون هذة المناطق اللابلورية ذات أفضلية لتركز التغييرات altérations (شكل ١ - ب). إن تجمع agrégation الألياف الأولية يُولد ألياف مِكروية (متناهية الصغر) microfibrille، بقطر من حوالي ١٠٠ إلى ٣٠٠ أنجستروم.

تحمل سلاسل السليلوز وظائف الهيدروكسيل hydroxyles (OH) ، الذي بإمكانه أن يُكون مع الماء (HOH) روابط هيدروجينية؛ هذه الخاصية تجعل من السليلوز مركباً مسترطباً hygroscopique. في الواقع، فإن كثيراً من وظائف الهيدروكسيلات تكون مشتركة سواء عن طريق تكوين مناطق بلورية من السلسلة السليلوزية أو عن طريق عمل إئتلاف بين الألياف الأولية وتجمعاتها لتكوين ألياف مِكروية. ولايمكن للماء إذاً أن يرتبط إلا بالجزيئات الداخلة في تكوين منطقة لابلورية أو بالتي تكون فيها وظائف الهيدروكسيل حرة.

وهكذا فإنه كلما كانت سلاسل السليلوز متدهورة dégradées، مع وجود زعزعة في المناطق البلورية التي ينتج عنها وظائف هيدروكسيل جديدة، كلما أصبح الماء قادرا على إقامة روابط هيدروجين جديدة، فيزيد مع ذلك استرطاب السلاسل.

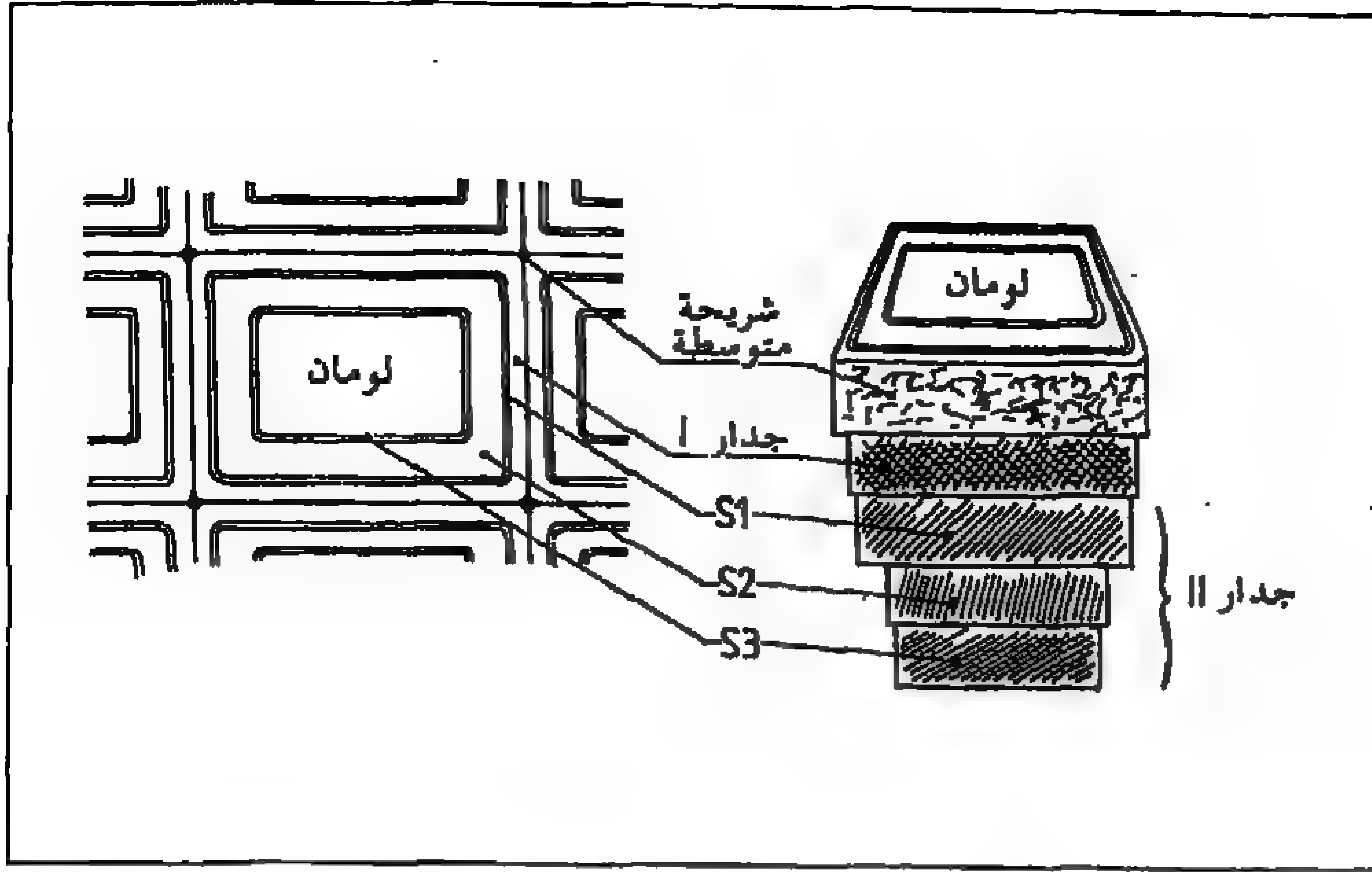
الهيمي سليولوز (النصف-سليولوزات) hémicelluloses هي سكريات عُدادية polysaccharides متشعبة تكون مكوناتها الأساسية سكريات مثل: د-كسيلوز

(سكرالخشب) D-xylose، د–جلاكتوز D-galactose ، د–جلوكوز D-glucose، ود–مانوز D-mannose وكذلك ترسبات لحامض د–جليكورنيك D-glucuronique ود–جلاكتيرونيك D-galacturonique (Arnaud, 1978; Florian, 1987). وتكون درجة بلمرتها n منخفضة جداً عن السليلوز (200 > n > 150)، الذي لا تحمل خصائصه البلورية. وهي تتضمن كذلك وظائف هيدروكسيل متعددة قابلة للارتباط بالماء، ولكن مع إعتبار تركيبها اللابلوري، فهي تكون بالمقارنة أكثر استرطاباً hygroscopique من السليلوز.

الليجنين (خشبين) lignine، هو بوليمر عالي نابع من تكثيف مركبات عطرية aromatique، متعددة تتضمن مجاميع هيدروكسيل وكربوكسيل وميتوكسيل؛ والتي على الرغم من بنائها غير البلوري فإنها تكون ثابتة كيميائياً بفضل هيئتها الثلاثية الأبعاد. وهي التي تضمن تصلب جدار الخلية وبالتالي النسيج النجبي libérien.

أثناء نمو الخلية الشابة، يتكون أول جدار المسمى بالجدار الأولي (جدار)، ويكون رقيقاً جداً؛ ويزداد سمكاً بالتدريج عن طريق ترسبات متتالية لطبقات السليلوز التي تكون الجدار الثانوي (جدار). سُنعرف جداراً ثالثاً (جدار) وفيه تكون توجهات orientation الألياف المِكروية مختلفة عن الجدران السابق ذكرها. وكذلك، فإن التوجهات الخاصة التي تأخذها الألياف المِكروية في قلب الجدار تسمح بتعريف ثلاث طبقات S3, S2, S1، (شكل ٢).

وفقاً للفصائل النباتية فإن الاختلافات التي نلاحظها بين إتجاهات الألياف المِكروية في داخل الطبقات المختلفة لجدار الخلية تكون لحد ما ذات أهمية؛ هذه الظاهرة تؤثر على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للأنسجة النباتية (Tsoumis, 1968). يكون السليلوز هو المُكوِن الأعلى من الناحية النوعية في جدار الخلية وبالأخص في الجدار؛ ويتواجد متحداً مع مركبات أخرى مثل الهيمي سليلوز، أو البروتينات، أو المواد البكتينية، ويختلط الليجنين مع السليلوز في أثناء نمو بعض النباتات في داخل الجدار.



شكل ٢. بناء الخلية النباتية.

القطن

القطن هومادة أولية تستخدم في صناعة الألياف النسيجية وفي عمل عجينة الورق السليلوزي. وعلى حسب مصدر النبات وعمره، فإن شعيرات القطن في المنطقة الوسطى يكون طولها من ٢ إلى ٣ سم وقطرها من 15 إلى ١٨ ميكرومتر.

عند جفافها، تُفرَغ خلايا الشعيرات من محتواها الخلوي. تُسطح الشعيرات مع البرم وهذا يكسبها مقطع مستعرض مميز على شكل نبات الفاصوليا. ولا يبقى إذاً إلا غشاء الخلية (Chêne, Drisch, 1967).

يكون جدار خلية القطن II مكون من ٩٤ ٪ سليلوز عالي البلورة، وبعض أنصاف-سليلوز hémicellulose، في حين يحتوي الجدار I على البكتين والشمع الذي يكسب القطن خاصيته الماصة للماء في الحالة الطبيعية له.

الكتان

الكتان هو ليفة fibre قادمة من نبات (*Linum Usitatissinum*) قد يصل طولها إلى ١٫٢٠ متر وقطرها من ١ إلى ٣ ملي متر.

الألياف الأساسية للكتان يتراوح طولها ما بين ٦ إلى ١٠ ميكرومتر ويكون لها قطاع مميز ذو شكل مضلع polygonale. وتتكون مكونة من ٨٠٪ سيليلوز عالي البلورة مكسباً الليفة خصائص ميكانيكية جيدة جداً، غير أن قدرتها على الإلتواء تصبح ضعيفة. هذه الخاصية الفيزيائية الأخيرة تؤدي إلى تكون مناطق انخلاع dislocation بطول الليفة الأساسية تسمى «ركبة» وهي مناطق ضعف في تكوين الألياف المِكروية، لها قابلية أكبر للتغيير altération (Sotton, 1986).

إن تجمع من ١٠ إلى ٣٠ ليفة أساسية بواسطة «أسمنت» يحتوي على البكتين والليجين يُكون شعاع. يكون لمجموع الأشعة، بعدد ٣٠ أو ٤٠ شعاع، طول مساوي تقريباً لطول النبات.

الخشب

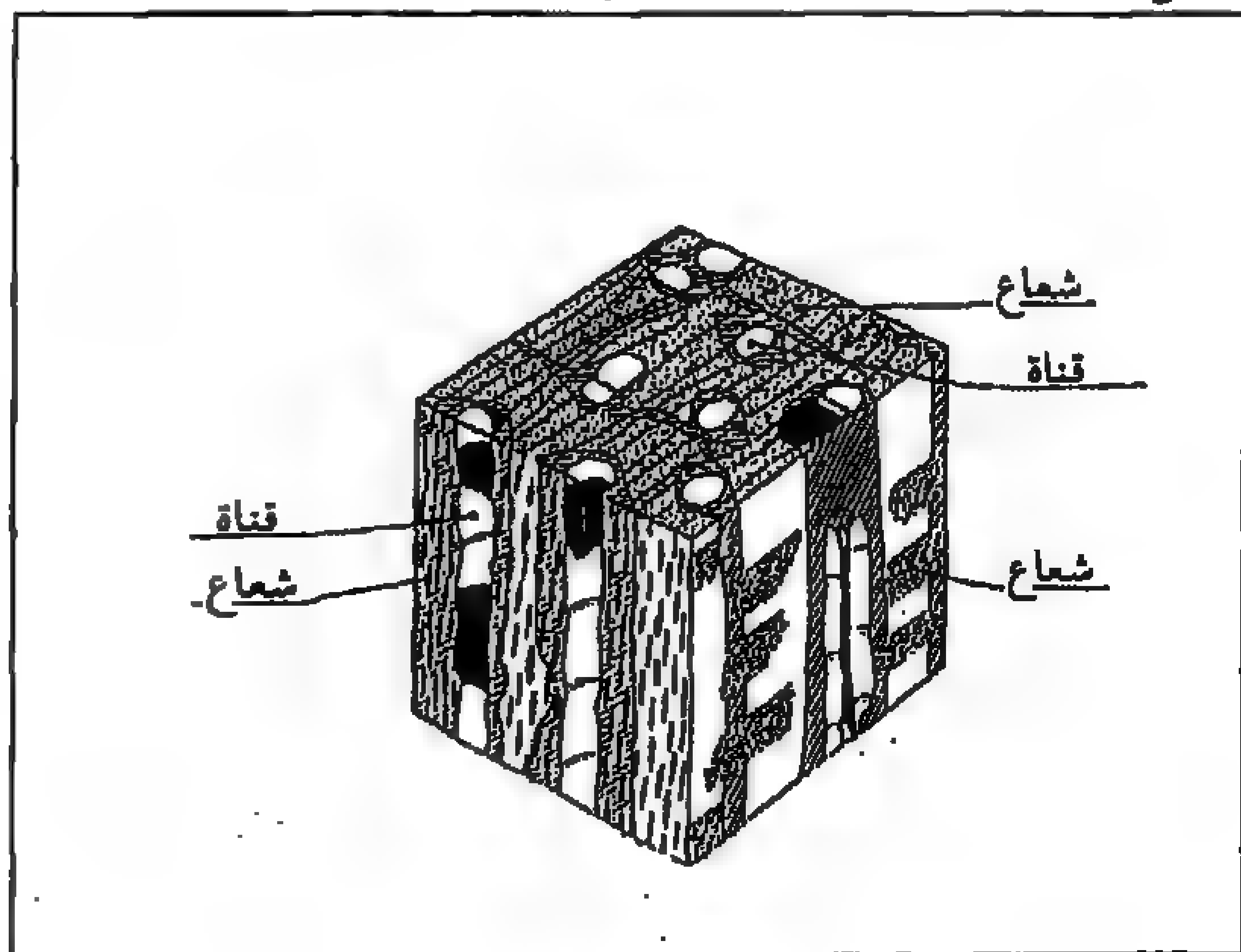
يمثل الخشب البناء الأكثر تقدماً وإكتمالاً في عالم النبات. فبغض النظر عن فئته، سواء كان قادماً من أشجار ورقية (Angiospermes) أو أشجار صنوبرية (Gymnospermes)، فإن الخشب يتكون من مجموعة خلايا مختلفة مقاساً وشكلاً على حسب وظيفة كل منها؛ ويكون ترتيب الخلايا به مميزا لنوعه. يُظهر مقطع مستعرض للخشب حلقات الجذع الدالة على النمو، وهذا يتضح من مقطع مفتوح للقنوات الدقيقة vaisseaux في الأشجار الورقية ذات المناطق المسامية أو من اختلاف الألوان والكثافة في الأشجار الصنوبرية. تكون حلقات الجذع ناتجة عن الدورات الفصلية لنمو الشجرة وهذا يعني تعاقب الخشب الربيعي (الخشب الأولي) وخشب القلب (الخشب النهائي). في الأشجار الصنوبرية تكون القنوات الصمغية غالباً مرئية في هذا المقطع.

يظهر علي الوجه المستعرض لأي خشب أشعة rayons يمكن إلى حدٍ ما التعرف عليها حسب عرضها، وهي تكون واضحة في شجر البلوط وشجر الزان (بعرض من ٠٫٥ إلى ١ مم).

في مقطع مستعرض تظهر الأشعة وقد استقطع طولها، في حين أننا نتبينها بوضوح على مقطع نصف قطري عن طريق إتجاهها المتعامد على إتجاه الألياف الأخرى.

مقطع مستعرض
نجب (لحاء بين القشرة والخشب) صلب
قشرة
نجب أولى
كامبيوم
أوبير
ديورامين
نخاع
شعاع خشبين
حلقات سنوية
شعاع خشبين
مقطع نصف قطرى
مقطع مماس
قنوات
مقطع مستعرض
خشب أصلي
حلقات سنوية
خشب نهائي
مقطع نصف قطرى
شعاع من الليجنين (الخشبين)
مقطع مماس

شكل ٣-ا. صفات عيانية للخشب.

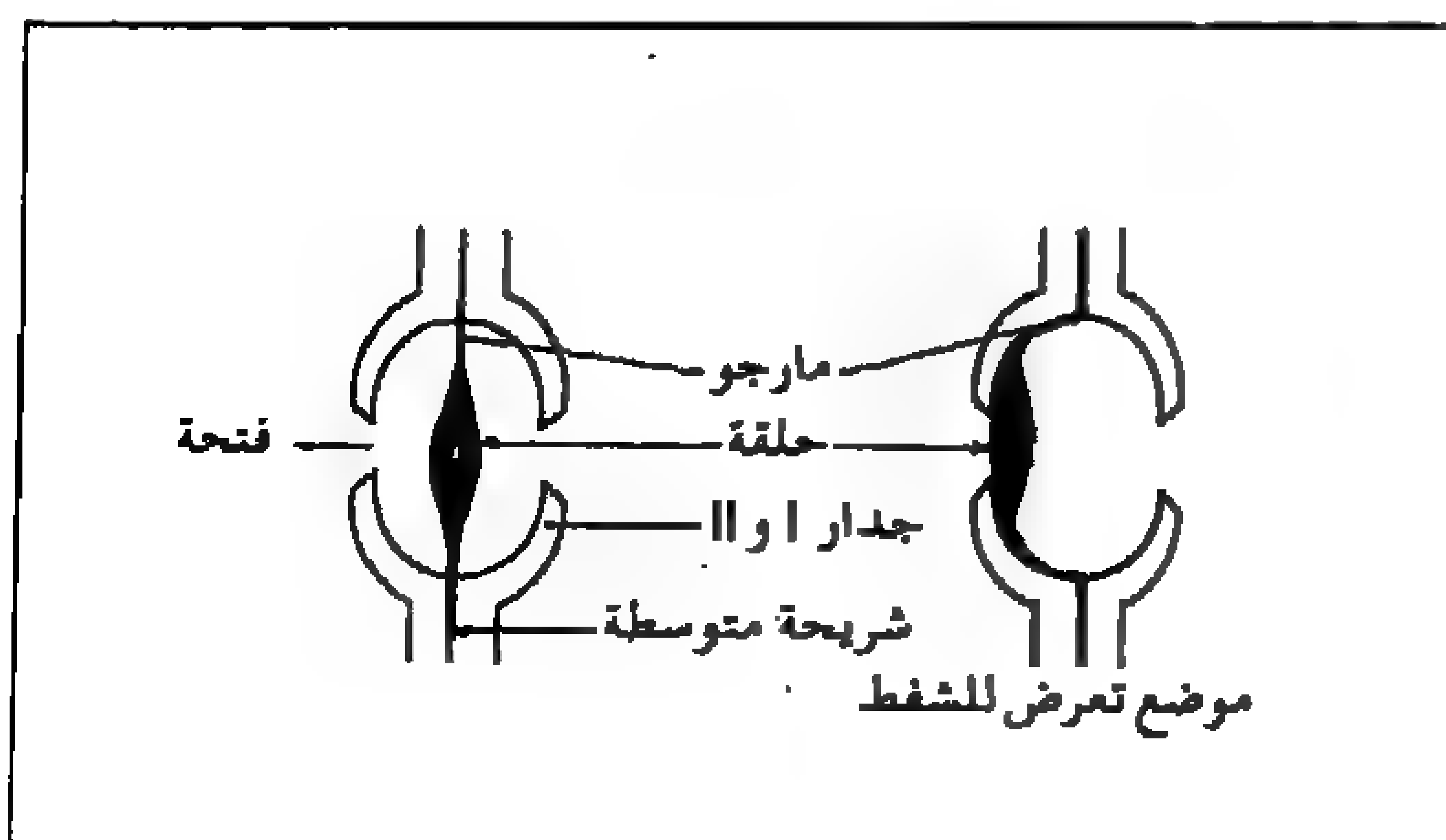


شكل ٣-ب. تكوين عياني للخشب.

العناصر المميزة للأشجار الورقية هي وجود قنوات أنبوبية دقيقة وهي فراغات داخلية في الخلايا، ويمكن لها أن تكون كبيرة جداً (من ٠,١ إلى ٠,٢ ملي متر) (شكل٣-ب). وهي مكونة من خلايا متراصة جنباً إلى جنب، ولكنها مفتوحة بحيث تُشكل أنبوبة. وتمتلك فضلاً عن ذلك تنقيط ponctuations متعدد يكون عبارة عن فتحات تسمح بالتوصيل العرضي للسوائل إلى الخلايا المجاورة (Schweingruber, 1982).

في الشجر الصنوبري تكون العناصر المميزة هي قصبات القنوات الخشبية trachéides، التي تمثل حوالي ٩٥ ٪ من تكوين الخشب وهي ضيقة (٥x١٠-٣ إلى ٨٠ x ١٠-٣ مم) ولكنها طويلة جداً (حتى ٧ مم)، وبدون ثقوب. يمكن أن يكون التنقيط بسيطاً على هيئة نصف هالات أو هالات كاملة. وتلك الأخيرة تُكون فتحات في مستوي القنوات الدقيقة أوقصبات قنوات خشبية وتلعب دوراً مهماً في حركة السوائل داخل الخشب. التنقيط يكون نابعا من إنكماش في الجدارين.

في الصنوبريات تظهر حواف التنقيط قبل تكون الجدار. في ذلك الأثناء يتغير الجدار عن طريق زيادة سمك مركزية تسمي حلقة torus. تترتب الألياف المِكروية حول الحلقة في صورة أعواد نصف قطرية تؤدي إلى خلق ممر margo. تتخذ المواد المذابة هذا الممر في الإنتقال من خلية لأخري (شكل ٤). في الوضع العادي تأخذ الحلقة وضع مركزي، لكنها قد تنجذب نحو حافة أو أخرى من حواف التنقيط (Tsoumis, 1968).



شكل ٤. تكوين بالتنقيط.

التنقيط يكون متشابه جداً في أغلب الأشجار الورقية، على حين لا يحتوي بعضها على حلقة torus؛ يكون الغشاء الخارجي للتنقيط إذاً هو الجدار الذي لم يتغير. تمر المواد عبر هذا الجدار بالانتشار.

قد تم وصف بناء جدار الخلية من قبل. في خلال المرحلة الأخيرة لنمو الخلية في الخشب يتكون راسب من الخشبين (ليجنين) lignine على الجدار الذي لايحتوي إذاً إلا على قليل من السليلوز (٢٥ ٪ من الوزن في الحالة الجافة).

تحتوي خلايا الخشب غالباً على مواد دخيلة tyloses في القنوات الدقيقة لبعض الأشجار الورقية كالبلوط مثلاً، وهي قد تنمو حتي الانسداد التام للقناة ودورها يكون ذوأهمية قصوى لحركة السوائل داخل الخشب.

وبنفس الشكل وبطريقة أكثر شيوعاً من الموجودة في الأشجار الورقية، فإنه في الأشجار الصنوبرية تتكون في الأشعة ترسيبات غير عضوية على شكل بلورات لأوكسالات الكالسيوم مثلاً، وهي يمكن أن تعوق المرور الجيد للسوائل في قلب الخشب.

في الحالة العامة، تغير الرطوبة الداخلية للخشب من خواصه الفيزيائية والميكانيكية وكذلك من صلابته ومقاومته للكائنات المكروية.

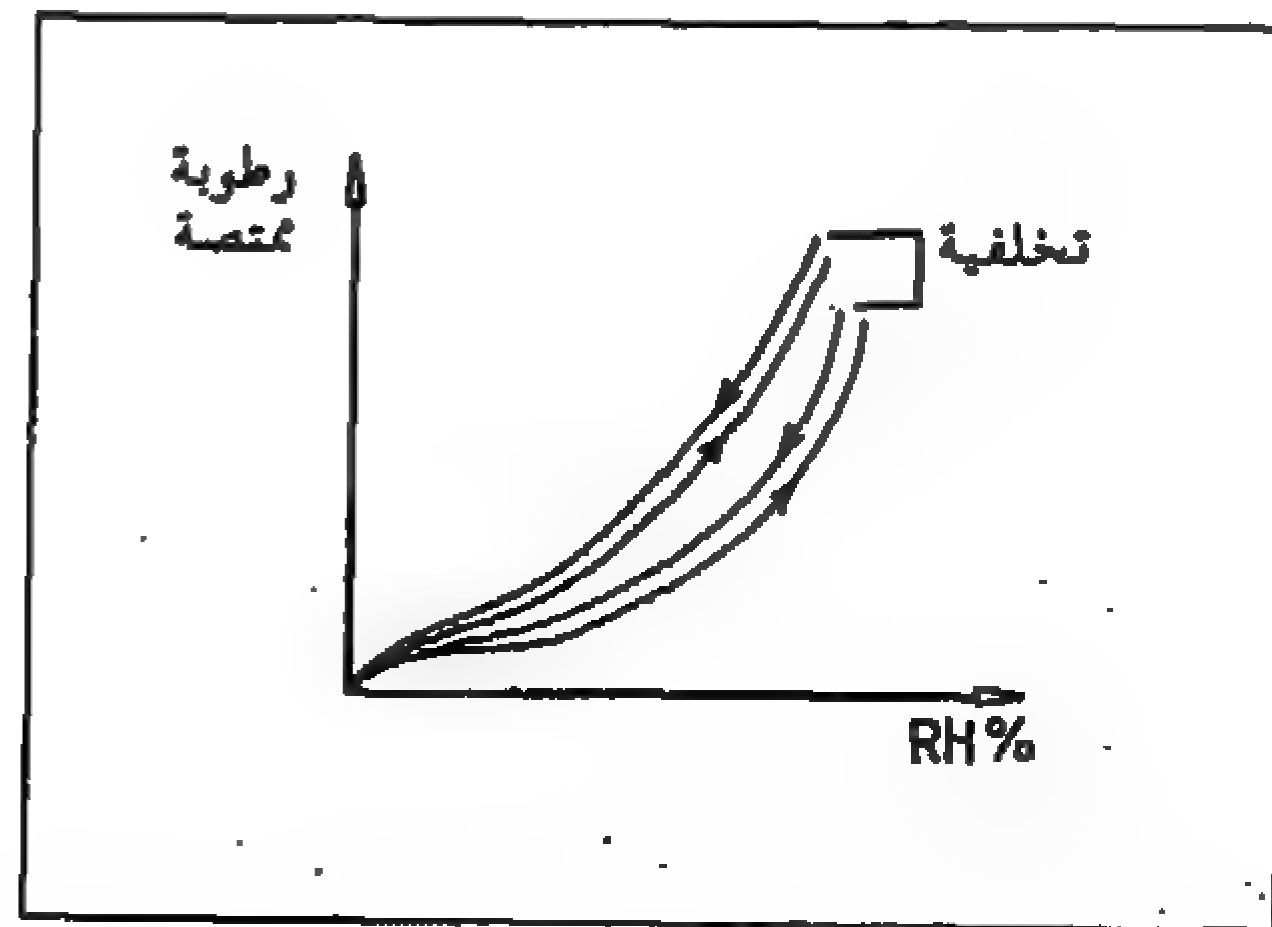
ينتفخ الخشب في وجود الرطوبة وهذا يكون راجعا للخاصية المسترطبة لمكوناته ويتعرض للتراجع عند جفافه وبالأخص عندما يصل إلى رطوبة أقل من نقطة تشبع الألياف. وهي تمثل معدل رطوبة الخشب عند انتفاخ الألياف (المتشبعة بماء شبه غروي (غرواني)) مع عدم وجود أي سائل أو «ماء حر» في الأماكن الخالية التي تُكون البناء الشعيري structure capillaire للخشب (قناة دقيقة، أشعة، إلخ...).

تكون نقطة تشبع الألياف في نطاق من ٣٢ إلى ٣٥ ٪ من الوزن الجاف في الأشجار الورقية ومن ٢٦ إلى ٢٨ ٪ في الأشجار الصنوبرية؛ هذا الفرق يُفسّر بوجود نسبة أعلى للهيمي سليلوز – الأكثر إسترطاباً من السليلوز– في جدار الأشجار الورقية تكون أكبر مما هي عليه في جدار الأشجار الصنوبرية (Tsoumis, 1968).

تسمى تلك المياه المُكونة لوصلات مع جزيئات السليلوز أو الهيمي سليلوز «بالمياه المقيدة» eau liée. تمر المياه عبر جدار الخلية بالانتشار بفضل التدرج الطبيعي في الرطوبة القائم فى جدار الخلية. فوق نقطة التشبع للألياف يملئ الماء الحر تجاويف خلايا الخشب الذي يتصرف كما لو كان عبارة عن قنوات دقيقة.

مثل جميع الأجسام التي لها بناء شعيري، يتعرض الخشب لظواهر إمتزاز sorption ويعني هذا أنه يمتص الأبخرة المتكثفة في الوسط لحد الوصول إلى معدل إتزان معين. يكون هذا الإمتصاص مهماً في الخشب لأن السليلوز والهيمى سليلوز يكونا مسترطبان؛ علاوة على أن الإمتصاص يختلف بدلالة أبعاد السطوح الداخلية.

سنُعرف التخلفية hystérésis على أنها الفرق في الرطوبة بين المجّ désorption والإمتزاز adsorption، ووجد بالتجربة أنه بعد سلسلة من الإمتزاز والمجّ في دورة ترطيب وتجفيف فإن التخلفية تنخفض بالتدريج وهذا يعني أن ينتفخ الخشب بنسبة أقل بعد إعادة الترطيب (شكل ٥). في الواقع، تتقارب بالتجفيف سلاسل السليلوز والهيمي سليلوز والليجنين إلخ...، خالقة وصلات بين مجاميع الهيدروكسيل؛ لا يمكن للماء إذاً أن يرتبط بهذه المجاميع، مما يؤدي إلى استبعاد لاحق للسلاسل المحدودة.



شكل ٥. التخلفية.

في هذا الصدد تم القيام بتجارب باستخدام أشعة جاما المخصصة لتحلل سلاسل السليلوز إلى بوليمرات أصغر، مما مكننا إذاً من الحكم على تأثير درجة البلمرة للسليلوز على ظواهر الإمتزاز. وقد ظهر أن جرعات كبيرة من أشعة جاما قطعت سلاسل السليلوز إلى بوليمرات بحجم الهيمي سليلوز وبهذا الشكل ارتفع استرطاب الخشب بشدة .

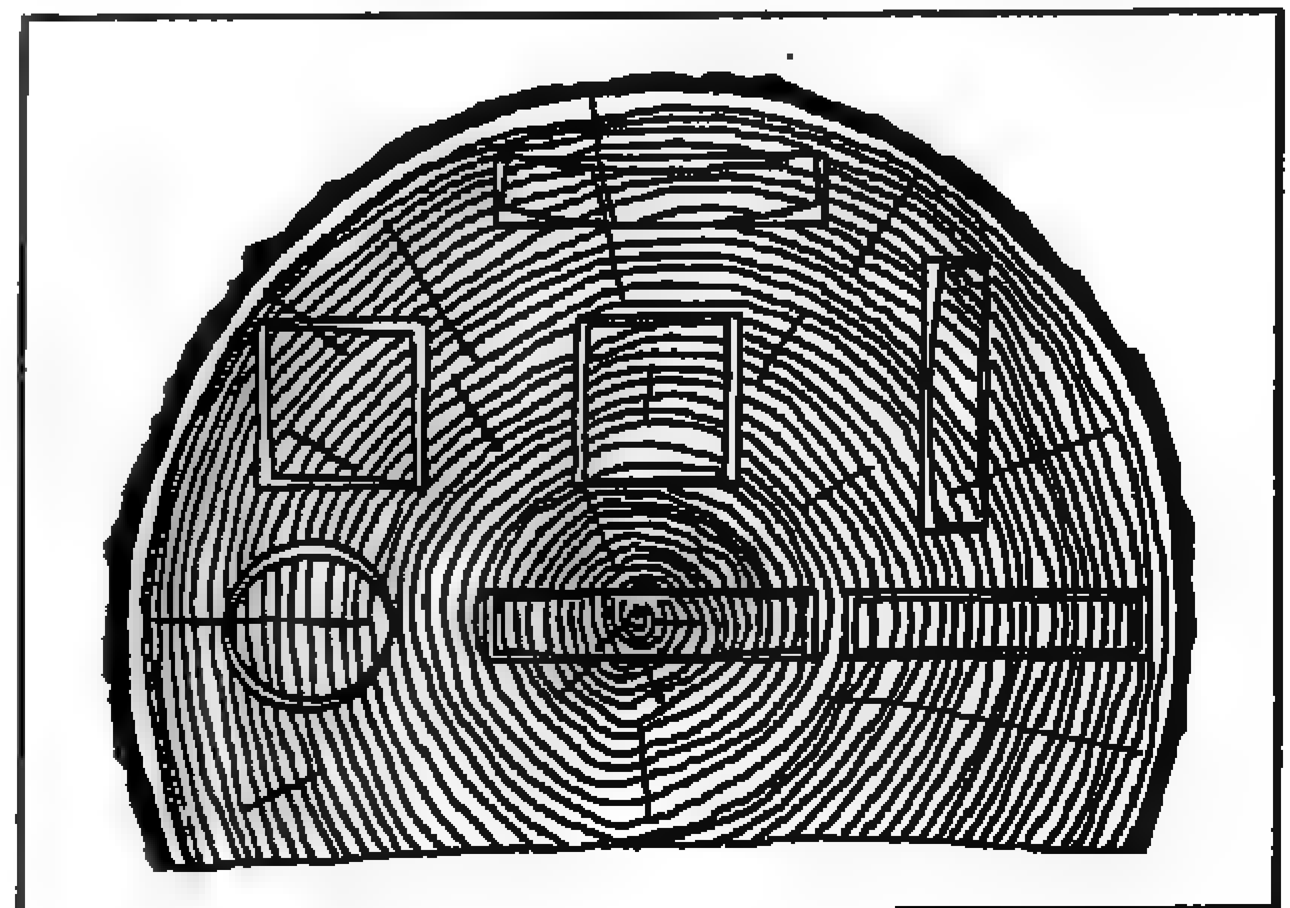
يمكن أيضاً تفسير هذه الظاهرة عن طريق نسب الطاقة، فالإمتزاز يقابله فقد في الطاقة (Kollmann, 1968).

أثناء المجّ، نلاحظ تراجع يتناسب طردياً مع كثافة الخشب ويكون مرتبطا مباشرتاً بمعدل الرطوبة به، حتى الوصول لنقطة تشبع الألياف. تصل الأجزاء الخارجية للخشب إلى نقطة التشبع متقدمة على الأجزاء الداخلية وينتج عن ذلك تراجع مبكر لسطح الخشب.

الخشب هومادة متباينة الخواص anisotrope فلا ينكمش بنفس القدر في كل الإتجاهات. تكون النسبة بين الانكماشات على المحاور الطولية والنصف قطرية والمماسية هى ١: ٢: ٣ (شكل ٦).

بدراسة ذلك للأشجار الصنوبرية، فقد تم تفسير هذا الفرق عن طريق الترتيب الحلزوني للألياف المِكروية لجدران الخلية، وهذا الترتيب يختلف حسب الإتجاه النصف قطري أوالمماسي. علاوة على أنه في الأشجار الصنوبرية يوجد في الإتجاه النصف قطري تنقيط متعدد في جدران الخلية يقوم موضعياً بقطع الشد الموجود في الألياف المِكروية والناتج عن التجفيف. وليس هناك أدنى شك أن الصفات المتباينة الخواص للخشب يكون مرجعها توجه الألياف المِكروية في جدران الخلية علاوة على توجه الألياف في الشجرة.

مدى أهمية التراجع المماسي تُفسَر أيضاً عن طريق حدوث تبادل للخشب الأولي مع الخشب النهائى الذي يشكل حلقات الجذع الدالة على النمو.



شكل ٦. تباين الخواص في الخشب.

وبشكل نهائي، فإن انتفاخ وتراجع الخشب لا يرجعا فقط إلى جدران الخلية بل أيضاً إلى عدم تجانس مجموع الأشعة المكونة له مثل: القنوات trachéides، الألياف، القنوات بمقاساتها المختلفة، الخشب الأولي، الخشب النهائي... التفاعلات ذات الطبيعة المختلفة لهذه الأنسجة ينتج عنها على مدار التجفيف تراكب superposition للإجهادات الناشئة عن التدرج في الرطوبة.

الطبيعة الكيمائية للخلايا الحيوانية

مجموع خصائص الخلية الحيوانية هو صورة من طبيعتها المعقدة والمتنوعة. سندرس هنا الخصائص التي تؤثر بطريقة مباشرة في تغيير altération وحفظ الأنسجة الحيوانية.

كما هو الحال في الخلية النباتية، فإنه أساساً ما يكون تكوين وتنظيم جدران الخلايا الحيوانية هو الذي يعطي دلالة أكبر لخصائصها.

أغشية الخلايا الحيوانية تكون مكونة من نسبة ٦٠ ٪ بروتينات و٤٠ ٪ دهنيات مركبة.

الدهنيات المركبة lipides complexes هي مركبات ثنائية القطب لها قطب مضاد للماء hydrophobe وقطب مؤتلف مع الماء hydrophile؛ ويكون لها إذاً توجه معروف في الغشاء بالنسبة لجزيئات الماء.

البروتينات هي جزيئات كبيرة macromolécules نابعة من تسلسل الأحماض الأمينية، التي تكون عبارة عن مركبات تمتلك فيها الخلايا وظيفة أمينية (NH_2) ووظيفة حامضية كربوكسيلية (COOH)، المواضع النسبية لهاتين الوظيفتين يمكن أن تختلفا، ونعرف تبعاً لذلك: أحماض ألفا-أمينية، بيتا-أمينية، إلخ...

يكون المشتركون في تكوين البروتينات هم من الألفا الأمينيات الذين لهم معادلة عامة (-HN-R-COO-)؛ البعض منها المعقد بشكل أكبر، يمكن أن يكون لهم وظائف متعددة حامضية أو أمينية. أغلب تلك الأحماض الألفا أمينية (أحماض أمينية) aminoacides يكون لها اسم خاص بها.

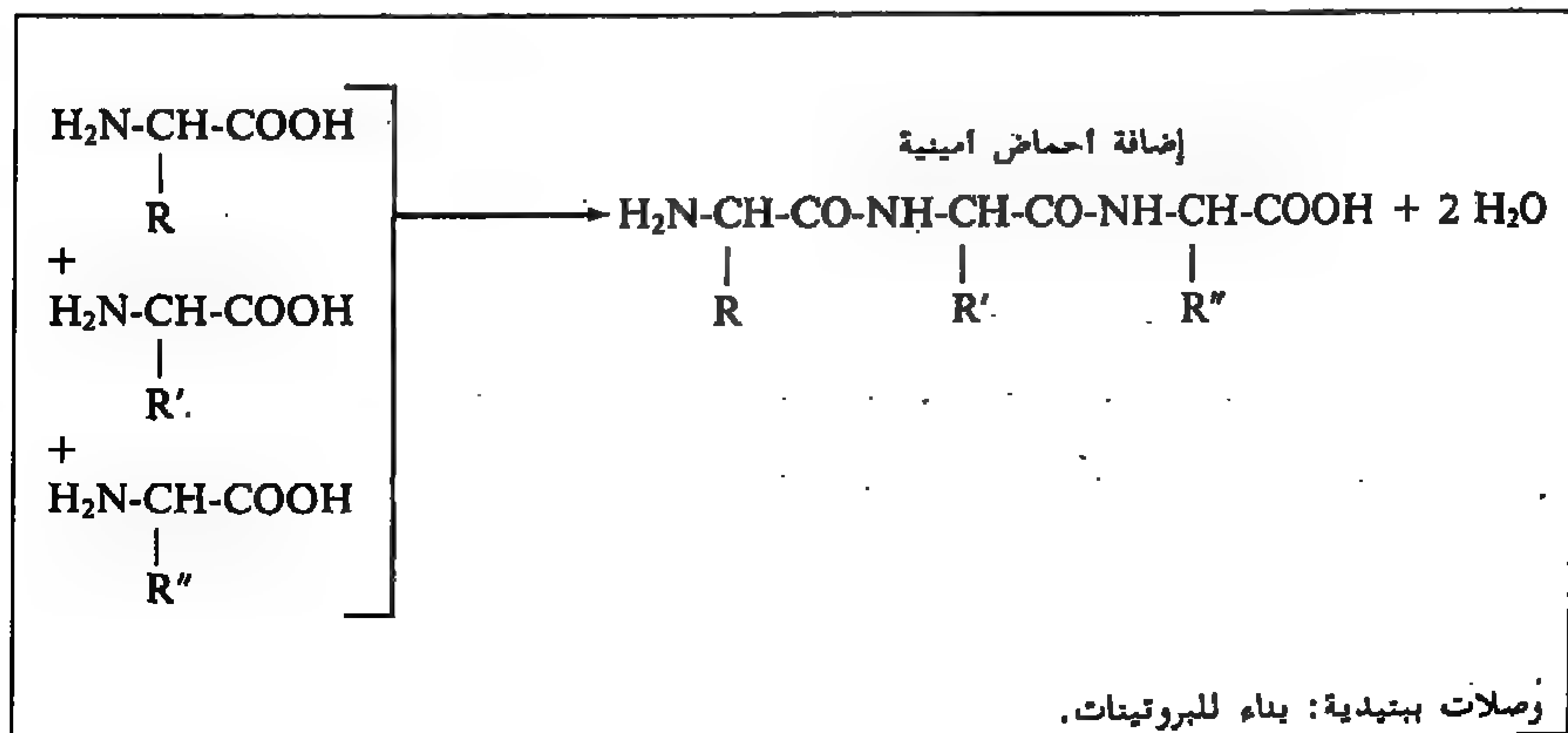
جلسين	$H_2N\text{-}CH_2\text{-}COOH$
آلامين	$CH_3\text{-}CH(NH_2)\text{-}COOH$
ليوسني	$CH_3\text{-}CH(NH_2)\text{-}CH_2\text{-}CH(NH_2)\text{-}COOH$
سرين	$HOCH_2\text{-}CH(NH_2)\text{-}COOH$
سيستين	$S\text{-}CH_2\text{-}CH(NH_2)\text{-}COOH$ / $S\text{-}CH_2\text{-}CH(NH_2)\text{-}COOH$
برولين	N-H COOH (حلقة)
حامض الجلوطاميك	$HOOC\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH(NH_2)\text{-}COOH$

بعض امثلة الأحماض الأمينية

كون الأحماض الأمينية تمتلك دوراً حامضياً ودوراً قاعدياً أمينياً يقودها إلى التصرف بشكل بيني فيما بين حالتين، ففي المحاليل الحامضية تتصرف كقاعدة، وفي المحاليل القاعدية تتصرف كحامض.

على الرغم من ذلك، فإنه توجد قيمة لرقم الـpH (الأس الهيدروجيني) التي يكون فيها جزئ الحامض الأميني aminoacide متعادلاً كلياً، ونسمي هذه القيمة نقطة التكافئ الكهربي point Isoélectrique.

تنتج البروتينات عن طريق التكثيف لعدد كبير من جزيئات الأحماض الأمينية عن طريق استبعاد جزئ ماء. تكون البروتينات إذاً عبارة عن سلاسل طويلة لحدٍ ما، خطية أو دورية. الوصلة -CO-HN- تشكل التجمع المميز لهذه السلاسل؛ وهذه هي الوصلة الببتيدية (الهضمية) liaison peptidique (Arnaud, 1978)

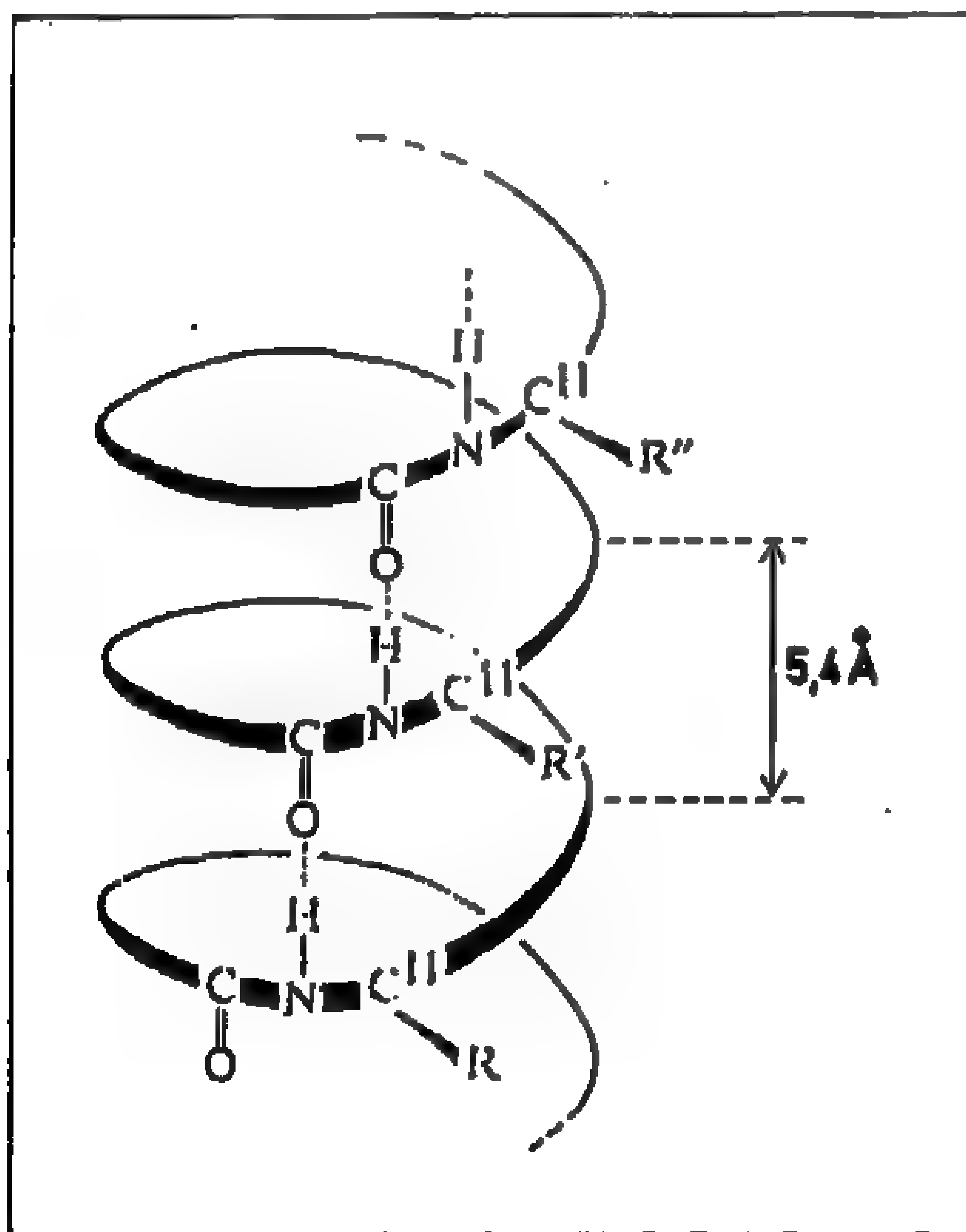


وصلات ببتيدية: بناء للبروتينات.

يوجد فقط عدد عشرون حامض من الأحماض الأمينية المختلفة، يضاف إليها عشرة من الأحماض الأمينية الأكثر ندرة. تعطي التراكيب المتعددة الفرصة لتكوين ملايين البروتينات المختلفة.

السلاسل البروتينية الناتجة عن فقد جزيئات الماء، تكون بالطبع عرضة للتميؤ. التميؤ الكامل للسلسلة يحرر الأحماض الأمينية. تكوين هذه السلسسلة البروتينية يشكل البناء الأولي (بناء I) للبروتينات.

البناء الثانوي (بناء II) يُعرف الشكل الهندسي الفراغي للبروتينات. وتلتف السلسلة على هيئة ملف حلزوني مدعمة بوصلات هيدروجينية تربط لفتين متتاليتين فيما بينهما. الخطوة من الملف (البعد بين لفتين) تحتوي تقريباً على أربعة وصلات ببتيدية، إذاً تكون المسافة التقريبية ٥,٤ إنجستروم (شكل ٧).



شكل ٧. ملف حلزوني الفا، بناء II.

البناء الثلاثي (بناء III) وهو يُعرف الترتيب فيما بين عدة ملفات، تكون مندمجة فيما بينها لتكوين البروتينات الليفية التي من ضمنها مثلاً: الكيراتين kératine، الفيبروين fibroïne، الكولاجين collagène.

تتعرض البروتينات تحت تأثير الحرارة لتبدل في الطور يكون غير رجوعي.

الصوف

الصوف هو شعر حيواني متطور بوجه خاص. وهو مكون أساساً من مادة مركبة وهي الكيراتين kératine، وهي بروتين ناتج من تسلسل مجموع ٢١ حامض أميني شبكي الشكل على هيئة ملف لولبي (بناء) عن طريق وصلات متعددة يدخل فيها ذرات الكبريت القادمة من السيستين cystine (انظر الجدول). السلاسل البروتينية تتحد بعد ذلك لتكوين الألياف المِكروية التي تشارك في بناء جدران الخلايا المكونة للشعر.

الجزيئات المدارية المسطحة التي تكون الجلد cuticule تتراص بطريقة قشرية، وتكون مرئية تحت الميكروسكوب البصري.

على حسب نوع الحيوان فإننا نفرق بين الألياف ذات الخلايا «البارا» para التي تكون صغيرة ودقيقة أو «الأورتو» ortho ذات الخلايا الأكثر غلظة (Sotton, 1986).

الصوف ينتج في وسط مائي (follicule pileux)؛ ويكون إذاً مستقر في الأوساط الرطبة. غير أن فترة تساوي الجهد الكهربي isoélectrique تقع عند رقم للـ pH ما بين ٥ و ٧؛ دونها أوأعلى منها تنتفخ الخلايا بطريقة متباينة: من ١ إلى ٢ ٪ في الإتجاه الطولي و ٣٥ إلى ٤٠ ٪ في الإتجاه العرضي (Florian, 1987). وبالتالي فإن الصوف لا يقاوم جيداً الأوساط شديدة القلوية (رقم الـ pH > 10).

بعض المواد الحيوانية الأخرى، بخلاف الشعر، تحتوي أساساً على الكيراتين، بالأخص قرن الحيوان، قشور السلحفاة، إلخ... نتعرف على المواد المكونة أساساً من الكيراتين من رائحة الكبريت التي تنبعث منها أثناء احتراقها (تحلل حراري)، ويكون هذا بسبب كسر الوصلات S-S من السستين cystine.

الحرير

الحرير هومادة تفرزها دودة القز bombyx لصنع الشرنقة التي تنمو فيها يرقاتها. وهي مكونة من نسيجين بروتينيين بمقطع مستطيل مكون من الفيبروين fibroïne، مدمج بواسطة أسمنت من مادة بروتينية وهو السيريسين séricine. في أثناء تصنيع الألياف النسيجية يستبعد الأسمنت عن طريق عمليات غسل الغزل.

الفيبروين هي بروتينات شديدة البلورة بفضل وصلات الهيدروجين المتعددة بها التي تعمل على تداخل السلاسل العرضية للأملاح الأمينية في عملية تكوين بناء ثلاثي الأبعاد. الفيبروين تكون بالتالي قليلة الاسترطاب وشديدة المقاومة للعوامل الكيميائية والبيولوجية (Florian, 1987).

جلد الحيوان

يتكون جلد الحيوان من طبقتين رئيسيتين، البشرة أو طبقة الجلد الداخلية épiderme وهو غشاء دقيق، والأدمة أو طبقة الجلد تحت البشرة derme الذي يكون عبارة عن غشاء سميك فوق النسيج التحت جلدي hypoderme الذي يفصله عن الأعضاء.

تتكون البشرة من طبقات متعددة من الخلايا واحدة فوق الأخرى طباقاً؛ تقع منطقة التكوين فيها بالقرب من الأدمة. تنقسم الخلايا وتنتشر خلال نموها باتجاه السطح الخارجي حيث تموت وتسقط. خلال هذه العملية تتعرض الخلايا لتغيرات كيميائية: «الكرتنة» kératinisation وهذا يكسبها مقاومة أفضل في مواجهة الإحتكاكات الخارجية.

يفصل بين البشرة والأدمة غشاء كالزجاج متموج وشفاف. تكون الأدمة هي الجزء الأكثر أهمية في الجلد: تحت الغشاء الشبه زجاجي تقع الحلمات الجلدية الصغيرة papilles dermiques وهي مناطق حساسة مرواة جيداً وتمثل «زهرة» الجلد والتي عندها يتغلغل الشعر والغدد المختلفة. تكون المنطقة الأكثر عمقاً في الأدمة هي «اللحم» ويتكون من نسيج ناعم feutrage من

ألياف ذات طبيعة بروتينية مكونة أساساً من الكولاجين والألياف المطاطية. يتماسك الكل عن طريق مادة قاعدية تحتوي أيضاً على البروتينات والدهون ومختلف الكربوهيدرات والماء: مما يمنح الجلد طراوته ورطوبته.

تتكون الأدمة أساساً من الكولاجين والجزيئات البروتينية الضخمة macromolécules المتكونة من تسلسل أكثر من ألف حامض أميني من أهمهم الجلسين glycine، الآلانين alanine، والبرولين proline، (أنظر الجدول).

البناء من السلسلة يوضح متتالية متناوبة من الأحماض الأمينية المتعادلة غير المستقطبة والأحماض الأمينية المستقطبة وهذا يعني أن سلسلتها العرضية تحتوي على وظائف إما حامضية أو قاعدية أو هيدروكسيلية. الأولى يكون لها بناء بلوري والثانية يكون لها القدرة على التفاعل الكيميائي في مستوى السلاسل العرضية وتكون ذات طبيعة غير بلورية. في الحالة المستقرة، تلتف السلسلة البروتينية في ملف حلزوني (بناء من شكل ٧).

البناء يعبر عن إئتلاف ثلاثة من الحلزونات عن طريق وصلات هيدروجينية لكي يعطي جزيئ من ٢٨٠٠ إنجستروم تقريبياً ذات كتلة جزيئية في حدود ٣٠٠٠٠٠: وهو التروبوكولاجين tropocollagène.

تُكَوِّن الجزيئات المؤتلفة مجموعة من الخيوط الدقيقة fibrilles تكون مرئية تحت الميكروسكوب الإلكتروني وهي تبدو على شكل شرائح متتالية داكنة وفاتحة، ويفسر هذا على أنه توالي للمناطق البلورية واللابلورية. ائتلاف الألياف الميكروية يكون مرده للوصلات الإسهامية covalentes الترابط البين جزيئية، التي تسبب تشابكاً réticulation طبيعياً يجعل من الكولاجين غير قابل للذوبان.

تقع النقطة ذات الجهد الكهربي المتوحد للكولاجين عند رقم للـpH يقدر بـ ٦٫٥. وبما أن الجزيئ يكون متعادل كلياً فلا يكون لها إلا القليل من الوظائف القادرة على الائتلاف مع الماء، فيصبح الانتفاخ في الماء إذاً أدنى ما يمكن. عند رقم للـpH حامضي أوقاعدي يمكن للانتفاخ أن يكون كبيراً جداً.

إن تحول الصفات الطبيعية بطريقة حرارية، والتي سبق ذكرها، تُترجم إلى عدم استقرار البناء (عدم انتظام الحلزون عن طريق كسر الوصلات الهيدروجينية): فيؤدي ذلك إلى إنكماش جلد الحيوان.

عند تحضير الجلود المصنعة فإن عملية الدباغة tannage تتضمن الإدخال لمادة دابغة tanin في جلد الحيوان يكون لها من الوظائف الكيميائية ما يمكنها من الإتحاد مع المناطق الحرة في الكولاجين. ومع تعطل تلك الوظائف فإنها تصبح أقل عرضة للتفاعل مع الماء والعناصر الكيميائية الخارجية. وبهذا يصبح من الصعب على الكائنات المِكروية (المتناهية الصغر) الوصول إلى الجزيئات.

الطبيعة الخاصة للعظم والعاج

يُعتبر العظم والعاج من المواد العضوية وذلك لكونهما قادمين من العالم الحيواني. وعلى الرغم من ذلك فإن لهما طبيعة ذات تركيب مختلط في تكوينهما الكيميائي.

فهما يتكونان بالفعل من مصفوفة عضوية ذات طبيعة بروتينية مطعم عليها أملاح معدنية وهي التي تعطي للعظم والعاج الصلابة الخاصة بهما.

يمثل الجزء المعدني حوالي الثلثين من الوزن في الحالة النضرة للعظم أو العاج ويكون ذلك بنسب متغيرة حسب النوع.

العاج

اغلب أسنان الثديات مكونة من العاجين dentine، وهوما يطلق عليه «العاج» ويكون مطلي بطبقة خارجية من الميناء.

في أثناء نموالسنة يترسب نسبة الجزء العضوي على شكل طبقات متتالية معطياً للعاج بناء طبقي (ورقي)، lamellaire. يحتوي العاجين على ألياف الكولاجين ويكون هذا في مستوى البناء رقم II، في الشكل المروحي الذي يبدأ عنده التمعدن. الأملاح المعدنية المسببة لذلك تكون أملاح الكالسيوم والماغنسيوم، التي تكون أساساً على شكل فوسفات متحد مع فلور وكربون. يكون لفوسفات الكالسيوم بناء مقارب للهيدروكسيباتيت hydroxyapatite (Lafontaine, Wood, 1982).

يختلف بناء العاج بشكل ملموس في تنظيمه على حسب الفصائل الحيوانية. تشتمل أنياب فيل البحر على العاجين والذي يحتوي على قنوات طولية تشكل المجموعة الهافرسية système Haversien، وعلى العاجين الذي تنعدم فيه تلك الأخيرة. تحتوي أنياب الفيل الأفريقي على الدهنيات التي تزيد من شفافية العاج وعلى الألياف البروتينية المرنة (إلاستين) élastine.

العظم

الجزء العضوي من العظم يتكون من العظمين (بروتين العظام) osséine، وهوكذلك مكون أساساً من الكولاجين؛ وهونسيج كثيف على الحواف يشتمل على ثقوب دقيقة هذه الثقوب تكون شاهداً على نشاط الأوعيةactivité vasculaire التي جرت. في مركز العظام الطويلة، تكون المجموعة الهافرسية، التي تمثل المجموعة الوعائية القديمة، أكثر وضوحاً بما تحتويه من قنوات طولية ظاهرة جداً تكسب العظم بناءً إسفنجياً (Bresse, 1953) (صورة ١).

يكون لخشب الأيليات cervidés، بناء مشابه لبناء العظم ولكن سطحه الخارجي يُظهر شكلاً غير منتظم بطريقة أكبر ويرجع ذلك لأهمية مجموعة الأوعية التي تروي الجلد الدقيق المغطي له خلال فترة حياة الحيوان.

يكون للعظم والعاج خواص متباينة وذلك بفضل التوجهات الخاصة بقنواتها التي تعمل كأنابيب شعرية بالنسبة للسوائل من ناحية ومن ناحية أخرى بفضل إمكانية إمتزاز الرطوبة النسبية في مستوى الجزئ العضوي بها (جزيئات بروتينية ماصة للماء).

أحياناً ما يكون التفريق بين هاتين المادتين صعباً. يجب أن نبحث في قطاع مستعرض من القطعة، عن النسيج الإسفنجي للعظام أو عن رسوم على شكل نجوم أو منحنيات من تلك المميزة للعاج. أما على الوجه الطولي فإن العظم، عند تكبيره عشر مرات، يظهر به قنوات في حين أن العاج يكون مصمتاً تماماً.

غير أنه بعد تغطية العظم بالزيت أو الشمع أو بعد صنفرته، قد يكون صعب التعرف عليه. ويكون إذاً اللون والكثافة هما وحدهما القادران على اعطاء إجابة ما لنا.

عندما نتعامل مع قطع قادمة من حفريات، فإن هذه المعايير تكون غالباً باطلة وذلك بسبب التفاعل الحاصل مع الوسط المحيط بها.



صورة ١. البناء الاسفنجي للعظم (صورة S. de La Baume).

تغيير المواد العضوية

التدهورات التي تتعرض لها القطع ذات الطبيعة العضوية تكون متعددة. هذه التغييرات altération سواء كانت من النوع الفيزيائي أو الكيميائي أو البيولوجي، تبدأ من أول تشغيل للمادة الأولية وتمتد إلى أجل غير محدود. على حسب سرعة تقدم هذه التحولات يتحدد ما إذا كانت القطع ستؤول إلينا أم لا.

لا تعتمد هذه التحولات فقط على طبيعة البيئة المحيطة بالقطع، ونعني بها الوسط الذي تطورت فيه والذي يكون مُعرف عن طريق خصائصة الفيزيائية والكيمائية والبيولوجية، ولكنها تعتمد أيضاً على خصائص المقاومة الذاتية للمادة التي تتكون منها القطعة.

من غير الممكن عمل تسلسل لأهمية عوامل التغيير، لأن تأثير هذه العوامل قد يجري في آن واحد أو قد يتكامل بتتابع وثيق.

حتى ندنو من المعرفة التامة لأقصى حد بأوجه التحول المختلفة التي تقود إلى تدمير المواد العضوية، سيتم تقديم هذه الأوجه مُصنفة في ثلاث زوايا: فيزيائية وكيميائية وبيولوجية. ومن الأهمية عند اختيار طريقة المعالجة أن نجري توليفة لهذه الأنواع الثلاثة من التغييرات وذلك مع مراعاة علاقتهم بوسط الدفن.

فوسط الدفن يمدنا ببيانات ملموسة حيث إن حياة القطعة قبل تركها لاتعتبر إلا كفرض من الفروض. إن مسئولية الوضع الذي ستؤول إليه القطعة بعد الكشف عنها يدخل ضمن إختصاصنا والنصيب الثقيل من هذه المسئولية الواقع على كاهل الشخص القائم بالحفظ والترميم سيتم استعراضه في سياق معالجات الحفظ.

التدهور من النوع الفيزيائي

هذا التدهور dégradation، يُحدث تغييراً في القطعة تحت تأثير إجهادات ميكانيكية خالصة. هذه الإجهادات تحدث في أغلب الأحوال إبان استعمال القطعة وقد تتسبب في تركها وإهمالها. هذا التدهور يمكن أن يكون ناتجا من حادثة كما في حالة الصدمة المسببة للكسر، أو أن يكون ثمرة استعمال متكرر أدى إلى البري أو التهتك لقطع الجلد أو النسيج مثلاً.

غير أنه بعد الترك، تتعرض القطع المدفونة أيضاً لتدهور فيزيائي تحت الضغط المترتب عن وزن التربة. ولا تخلو الأرض المغمورة من الإجهادات الميكانيكية، سواء الناتجة عن تأثير الحت الناتج عن الجزيئات العالقة أو ببساطة من حركة المياه (التيارات).

تتسبب ظواهر أخرى في إحداث شد ميكانيكي داخلي في القطعة: وهي التغييرات المناخية المعرفة بدرجة الحرارة والرطوبة الذان يكونان عاملان مترابطان، فيؤدي التغيير في أحدهما إلى تغيير في الآخر (انظر الباب العاشر).

تحتوي المواد العضوية على الماء بشكل طبيعي داخل بنيانها، وبالتالي تكون حساسة بشكل طبيعي للتغيرات في درجة الحرارة والرطوبة للوسط الموجودة به.

إن الزيادة في الرطوبة تؤدي إلى تشرب المواد العضوية بشئ منها في بنيانها حتى تحافظ على حالة من الإتزان مع الوسط المحيط. في مرحلة أولى، يقيم الماء المتشرب وصلات ضعيفة مع جزيئات الأنسجة الماصة للماء (هيمي سليلوز، سليلوز، كولاجين...)، وهذا يؤدي إلى انتفاخ في البنيان علاوة على سريان ذلك الماء على هيئة ماء حر في تجاويف الخلية، مما يسمح

للألياف بالإنزلاق الواحدة فوق الأخرى. هذه الظاهرة تترجم عن طريق اكتساب زيادة في المرونة.

الماء الموجود في التربة، كمثل الماء في البحيرات أو البحر لا يكون نقياً. فهو يحتوي بالفعل على مختلف الأملاح المذابة ويكون حاملاً لكل أنواع الجزيئات. وتنتشر هذه الأجسام مع الماء في تجاويف المواد (Keepax, 1975). وفي حالة أي تغير في الوسط المحيط بالقطعة، فإن هذه الأجسام يمكن لها أن تلعب دور عامل التدهور الفيزيائي. فأثناء التجفيف مثلاً، وعند رحيل الماء تتبلور الأملاح المذابة ولكنها تبقى مسترطبة؛ وعند أي إمداد جديد بالرطوبة فإن هذا يهيئ انتفاخها مما يؤدي إلى إجهادات على جدران بناء الخلية. تكون هذه الأملاح مصدراً للمشاكل، خصوصاً أثناء معالجات الحفظ التي تغير من نتائجها حسب مقدار تفاعلها مع المواد المستخدمة. ومن ناحية أخرى فقد يسنح لها التصرف بطريقة فعالة جداً في بعض التدهورات الكيميائية للمادة العضوية. وهذا يكون حال أملاح الحديد الفلزية التي تُأكسد السلاسل السليلوزية للنباتات أوالسلاسل الببتيدية للمواد الحيوانية (سلسلة مكونة من عدد محدود من الأحماض الأمينية) (الحرير، الجلد...).

عندما يحدث إنخفاض لدرجة رطوبة الوسط، التي غالباً ما تكون مرتبطة بارتفاع في درجة الحرارة، فإن الماء الحر المُحتوى داخل المادة العضوية يتبخر. فينتج عن ذلك جفاف القطعة ويترجم هذا بتقارب الألياف مع بعضها البعض سواء الحيوانية أو النباتية منها. هذه الظاهرة تتصف بفقدان مرونة الأنسجة، ويصبح الجلد وكذلك الخشب جافين بشكل غير طبيعي وقابلين للكسر وعرضة للتشققات تحت تأثير التدخلات الميكانيكية الخارجية، لدرجة أنه في حالة الخشب قد تظهر شقوق ناتجة عن تمزق الروابط بين الأنسجة.

تنتج الشقوق في قلب الأخشاب وكذلك بالمثل في العظم والعاج، وتنتج في إتجاهات تفضيلية مختلفة، مما يؤدي إلى خواص متباينة لهذه المواد التي تُظهر أبنيتها غير المتجانسة خصائص متغيرة للمقاومة الميكانيكية.

تظهر الشقوق في الخشب، بشكل تفضيلي بطول الأشعة rayons وهذا يكون نتيجة لتراجع مماسي كبير. أما في العاج فتظهر التشققات في مستوى

المناطق الغنية بالعاجين التي بالتالي تكون ضعيفة التمعدن. تتشقق العظام طولياً تبعاً لمحاور تكوين النسيج العظمي. أما الجلد فلا يكون له هذه الخصائص المتباينة، غير أنه يُظهر اختلاف في كثافة النسيج به ما بين ناحية اللحم وناحية الشعر: يكون هذا الجانب الأخير أكثر رقة ومشدوداً، تتشكل الجلود بإلتوائها من ناحية الشعر إلى الداخل.

الزيادة الطارئة لدرجة الحرارة (حريق، فرن...) تؤدي إلى تنشيف زائد للمواد يكون غالباً سريع ومتجانس؛ يكون التراجع منتظم ولا يُخلف وراءه إلا هيكل متفحم لنسيج الخلية، يكون في بعض الأحيان مفهوم ومعروف كما في حالة الفحم الخشبي.

عندما تنخفض درجة الحرارة تحت درجة تجمد الماء (للماء النقي عند درجة صفر سلسيوز)، يتجمد الماء المُحتّوى داخل بناء المادة ويتحول إلى ثلج. حتى وإن كانت هذه الحالة الخاصة تمنع أي هجوم بيولوجي وكيميائي فإنها لا تكون أقل خطراً على القطع. في الواقع، فإن تحول الماء للحالة الصلبة على هيئة ثلج يصاحبه زيادة في الحجم. ولا يتوانى الدفع الناتج عن هذه الزيادة في الحجم عن الإضرار الفيزيائي لبناء الخلية في النباتات والعظام.

التدهور الكيميائي

بما أن المواد العضوية تتكون من جزيئات عضوية تحتوي على ذرات كربون وهيدروجين وأكسوجين وفي بعض الأحوال نيتروجين وكبريت، فإنها تكون قابلة للتعرض لكل التحولات المرتبطة بالكيمياء العضوية. من ضمن هذه التفاعلات، سنهتم بالتفاعلات الوارد حدوثها أثناء فترة دفن القطعة. في أوساط الدفن التي غالباً ما تكون معقدة كما هوالحال في التربة، فإنه يجب إظهار فعل الشكلين الرئيسيين للتفاعلات الكيمائية الحاصلة. بادئ ذي بدء بالنسبة للتفاعل حامض- قاعدة: فإن وسط الدفن الأرضي أو المائي نادراً ما يكون متعادلاً. تشترك السوائل الداخلة في تكوين الوسط في هذا النوع من التفاعلات في صورة حامض أو قاعدة على حسب نوع التربة. من ناحية أخرى، فإن التربة والبحر

يحتويان على أحماض معدنية تقوم بدور عامل مُحفذ catalyseur من أجل إرساء تفاعلات الأكسدة للمواد العضوية (Marian, Wissing, 1960).

بغض النظر عن التفاعلات الداخلة في الاعتبار: أكسدة، تميؤ حامضي أو قلوي، فإن تأثيرهم على الجزيئات العضوية يكون في صورة انفصال في قلب السلسلة الجزيئية. وهذا يخفض بالتالي درجة البلمرة للجزئ الضخم macromolécule، ويغير من خصائصه الميكانيكية (Mills, White, 1987).

تعمل هذه التفاعلات على تدهور المواد خاصةً في المناطق الحساسة من بنائها، و هذا يعني حدوثها في مستوى المناطق غير المتبلورة، في السليلوز أو الكولاجين، أوفي المواقع الضعيفة الإرتباط مثل كباري الهيدروجين في البناء الحلزوني للبروتينات.

هذه المناطق هي مناطق ضعيفة بطبيعتها، غير أنه يمكن أن تُخلق مناطق ضعف أخرى على هوى أشكال التغييرات المصاحبة الأخرى، التي يمكن أن تكون ذات طبيعة فيزيائية (تفتل défibrillation في مستوى الكسر) أو بيولوجية (مهاجمة كائنات مِكروية للبناء).

أغلب التفاعلات الكيميائية تتطلب وجود أكسوجين. الوسط اللاهوائي بشكل تام، ونعني بهذا ذلك المحروم من الأكسوجين، يبطئ بشكل كبير أو يمنع تلك التفاعلات الكيميائية.

التدهور البيولوجي

التدهور البيولوجي يكون من فعل كائنات organismes أو كائنات مِكروية حية micro-organismes. الخسائر الناتجة عن كائن ما تصنف على نسقين، فيزيائي وكيميائي.

تجد الكائنات العليا وبالأخص الحشرات على المواد العضوية طبقة ترسيب أو دعامة substrat مثالية لعمل العش والتغذية. وتعمل إذاً على خلق خسائر فيزيائية عن طريق ثقب دهاليز في الخشب أو في الجلد لتتمكن من وضع بيضها. تجد إذاً اليرقات طعامها الذي يُمكنها من تأمين نموها، على نفس

الدعامة. ولكي تتغذى فإنها تُفرز مواد كيميائية تعمل على تدهور الجزيئات العضوية لتتمكن من هضمها.

أغلب تلك الكائنات الرِمّية (ما يعيش على العضويات البالية) saprophytes لا تستطيع أن تنمو إلا في الهواء الطلق أو في تربة مهواة وقليلة العمق بحيث تكون درجة الحرارة فيها معتدلة. وعلى ذلك فإن تأثيرها يكون أساساً خلال فترة استعمال القطعة أو بعد وقت قصير من تركها. في حالة الدفن في تابوت، فإن هذه الكائنات يمكن أن يكون لها فرصة في حياة أطول قليلاً بفضل مخزون الأكسوجين المتواجد، ولكن مع نفاذ هذا المخزون وظهور ظروف قريبة من الحالة اللاهوائية فإن تأثيرها على أية حال يتباطأ بشكل كبير.

تتعرض القطع المغمورة لهجوم مشابه من قبل كائنات عليا متكيفة مع الأوساط المائية. الغمر في الرمال أو الطين يشكل أيضاً طريقة لحماية القطعة حيث إنها تكون محصورة في ظروف محدودة الأكسوجين (ففي المياه الحرة للجداول والأنهار والبحيرات أو البحار يكون الأكسوجين متواجد ومذاب في المحلول بنسب كافية لكثير من الفصائل). إلى جانب أن حفر الدهاليز يعطي الفرصة لفقد واضح في المادة، فهو يسبب أيضاً ضعف ميكانيكي لمجموعة الأبنية.

تغييرات أخرى ذات نسق ميكانيكي يمكن أن تتسبب فيها النباتات العليا التي تستمد جزورها، الموجودة بالقرب من مواد عضوية، لمخزونها من المياه والكربون والنيتروجين؛ وتعتبر هذه المصادر الغذائية شديدة الغنى بفعل عمليات التحلل البيولوجي القائمة بها.

الكائنات المِكروية (المتناهية الصغر) تشمل الفطريات التي يطلق عليها بشكل دارج العفن والبكتريا. ومن ضمن أنواع العفن، فإننا نفرق بين العفن الأبيض والأحمر والمكعب، إلخ... وذلك بدلالة عناصر الخلية التي يقع عليها الهجوم من قبل العفن والنواتج الناجمة عن تدهورها. إن عدد البكتريا وتعدد أنواعها هوشئ فائق، فكل نوع من أنواع الأنسجة التي نلاقيها تكون هدف أساسي لهجوم مجموعة متخصصة منها. تكون البكتريا إذاً مما يستوجب الخشية دائماً منه، لأنها تكون قادرة على إحداث تدهور لأي نوع من طبقات الترسيب وفي شبه كل الظروف المناخية المحتملة. زائد على

ذلك، أن فعلهم الذي يختزل المواد لعناصر أبسط وأسهل في الإمتصاص يعطي غالباً الفرصة لإصابة جديدة من كائنات أخرى، عندما تسمح بذلك ظروف الحرارة والرطوبة ورقم الـ pH والأكسوجين.

يكون مصدر مستعمرات العفن أو البكتريا متعدد لأن البوغ (جسم صغير في اللازهريات) spore أو الجراثيم البكتيرية تكون موجوده بشكل دائم في الهواء والماء وبالأحرى في التربة ذات النشاط البيولوجي المتعدد، وتتمركز فيها بالأخص قرب السطح. يكون المناخ الأكثر ملاءمة لنمو أكبر عدد من الكائنات المِكروية هو بالتأكيد الوسط الجوي الرطب والحار. تكون الرطوبة هي العامل المؤثر لأن بعض الأنواع يمكن أن تنمو في ظروف حرارة قصوى من ٨ + درجات سلسيوز إلى ٤٠ + درجة سلسيوز. كذلك فإنه تبعاً للأنواع فإن المسموح به بالنسبة لرقم الـ pH لأوساط الدفن يكون في نطاق واسع جداً (من أول رقم الـ pH الحامضي مساوي لـ ٣/٤ إلى رقم الـ pH القاعدي المساوي ٩)، وأخيراً، فإنه إذا كانت ظروف التهوية الجيدة تهيئ لنمو أنوع أكثر من الكائنات المِكروية، فلا يخفى علينا أن بعض البكتريا يمكن لها أن تتكاثر في ظروف لاهوائية تامة.

تجد الكائنات المِكروية على طبقة الترسيب العضوية في قلب نسيج الخلية عناصر C، H، O، N، التي لا غنى عنها لنموها. وحتى تتغذى، فإنها تُحلل الجزيئات العضوية الضخمة macromolécules بالحلمأة (التحليل المائي الإنزيمي) hydrolyse enzymatique. لا تكون كل الكائنات المِكروية مجهزة بالإنزيمات اللازمة للتدهور الأولي للأنسجة، وفي هذه الحالة فإنه لا يمكن لهم أن ينمو إلا في وجود الأنواع التي لها المقدرة على القيام بهذا التدهور البيولوجي الأولي. ويتضح إذاً أن وجود أنواع مختلفة مكملة لبعضها البعض على طبقة ترسيب هو أمر وارد جداً.

في أثناء التفاعل الحيوي لهذه الكائنات المِكروية، فإنها تُخرج مواد حامضية تشارك في الإسراع في تدهور الأنسجة الخلوية.

لا تُظهر القطع التي تستعمرها هذه الكائنات المِكروية على المقياس العياني أية آثار واضحة كالتي تتركها الكائنات الأعلى. غير أنه بتعرض

القطعة للمهاجمة في بناءها العميق، على مستوى تنظيم النسيج فيها، فإن ذلك يفقدها بالتالي أية مقاومة ميكانيكية. أما على القطع الرطبة، فإننا نتبين وجود البكتريا عن طريق السطح الرغوي، في حين نتبين العفن عن طريق شرائح دقيقة رمادية أو بيضاء. عندما يتقدم التحلل يفقد سطح الجسم أي تماسك له ليأخذ شكل ترابي ويتآكل تدريجياً.

إذا كانت الأمتعة الأثرية mobilier archéologique متضمنة آثار لمهاجمة الحشرات لها، فإنه عامةً ما تكون قد تعرضت لذلك قبل دفن القطعة أو في وقت الدفن نفسه. سيعتمد بقاء القطعة أثناء فترة الدفن من ناحية على خصائص الوسط المحيط، الذي قد يكون ملائما لحد ما للتفاعلات الكيميائية ولنمو الكائنات المِكروية، ومن ناحية أخرى على طبيعة طبقة الترسيب.

في ظل أجوائنا المعتدلة، فإننا نجد ثلاثة أنواع رئيسية للمواقع الأثرية: المواقع الأرضية، المواقع المغمورة (أنهار، بحيرات، إلخ...)، والمواقع البحرية.

المواقع الأرضية sites terrestres تكون مُعرفة بطبيعة الصخور الأم وبمكونات التربة. فعندما تكون الصخور الأم حامضية، يكون للتربة خصائص حامضية، كذلك بالنسبة للأماكن التي يزيد فيها الترسيب عن التبخير. في الواقع، فإن ماء المطر المتحد مع ثاني أكسيد الكربون، على هيئة حامض كربونيك مخفف يتشرب في التربة، ويذيب المكونات القلوية، والقلوية الطينيةalcalino-terreux مثل الجير تاركاً هيكل متمعدن سيلكي على الأغلب. وعلى العكس، في الأماكن التي يجاوز التبخير فيها على الترسيب précipitation، فإن هذه المكونات تترسب (تستقر) حتى تصبح التربة غنية بالعناصر القلوية: فتكتسب التربة إذاً خواصاً قاعدية، وهذا يُلاحظ أيضاً عندما تُكون الصخور الأم عبارة عن طبقة ترسيب غنية بالقلويات. تكون هذه الأنواع من التربة غنية بالمركبات المعدنية.

إن النشاط البيولوجي يكون أقل في الأهمية نسبياً في التربة الحامضية عنه في التربة القاعدية، وهذا يسمح بالحفظ الجيد للمواد العضوية عامةً، فيما عدا العظم والعاج التي يمكن لنسبة التمعدن بهما أن تكون مذابة

عند رقم الـ pH الضعيف. غير أن الرطوبة تحت الأرض تغير من هذه المقاييس؛ فتربة حامضية رطبة تعتبر من وجهة نظر النشاط البيولوجي في مثل ضرر التربة القلوية.

يلزم لحدوث التحلل الكيميائي وجود نسبة مئوية معينة من الرطوبة ولكن عندما تتشبع مسام التربة بالماء، لا يستطيع الأكسوجين أن ينفذ منها ولذلك تتباطأ التحولات الكيميائية والبيولوجية، بهذا الشكل تمنح بعض المناطق الطميية القاعدية ظروف حفظ جيدة (Gregson, 1977). وعلى النقيض من ذلك، فصرف الماء من تربة ما يخفض مستوى المياه بها، فيمنحها هذا أكسجنة oxygénation أفضل وينشط بالتالي التدهور الكيميائي والبيولوجي (Dowman, 1970).

تحتوي البحيرات والأنهار في مياهها على الكثير من الأملاح المعدنية مذابة أو معلقة، ولكن على القليل من الأكسوجين المذاب. يكون النشاط البيولوجي محدود بدلالة هذه النسبة الضئيلة من O_2، ودرجة الإضاءة. في الواقع، عندما تكون الإضاءة كافية فإن هذا يسمح بانتشار النباتات المائية التي تنتج الأكسوجين خلال تفاعلها الحيوي. يمكن لدرجة الحرارة أن تمثل أيضاً عاملاً يحد من النشاط البيولوجي. وتيسر التيارات الكامنة في مياه الأنهار من زيادة الأكسوجين في الماء وبالتالي من نمو الكائنات المِكروية الهوائية. بدفنها في الرسوبيات، تكون القطعة محمية وبأقصى سرعة من فعل العفن، ولكن تأثير البكتريا يمكن أن يستمر فيما فوق عمق خمسون سنتيمتر. وهي إذاً بكتريا تستطيع البقاء سواء في ظروف لاهوائية أوفي وسط ضعيف الأكسوجين جداً. وهذا هوبالفعل حال البكتريا المختزلة للكبريتات، التي ينشأ التفاعل الحيوي بها في وجود الكبريت وليس الأكسوجين. وهي تشترك بهمة في تدهور المواد العضوية وكذلك القطع المعدنية التي تُكّون منها كبريتات سوداء اللون.

البحر هو وسط يحتوي على عدد كبير جداً من الأملاح المذابة، التي منها كلوريد الصوديوم. وتركيز هذا الأخير يتغير حسب العمق والمسافة من الشاطئ، وهذا التدريج نفسه هو الذي يتحكم في درجة الحرارة. فكلما

ابتعدنا عن الساحل واكتسبنا عمق أكبر كلما إنخفضت درجة الحرارة ونسبة كلوريد الصوديوم. وكذلك الأكسوجين الآتي من نشاط النباتات، والمذاب بقدر ضئيل، تنخفض نسبته أيضاً مع العمق.

يكون رقم الـ pH للبحر ثابت نسبياً، ويميل إلى القاعدية (رقم الـ pH ٨/٩). بالقرب من الأعماق، تغلب أيونات الكالسيوم وتكون نابعة من تحلل العديد من القواقع. عند السطح البيني ماء/رسوبيات يوجد أكبر توزيع للفصائل البكتيرية؛ وهي تغوص داخل الرسوبيات حتى عمق ٩ سم للفصائل الهوائية وإلى ما بعد ٦٥ سم بالنسبة للاهوائية. نسبة الأكسوجين الأدنى اللازمة للعفن تكون في حدود ٠٫٣ ملي لتر/لتر. وهذا العفن يجد تكاثره وقد أعيق بسبب النسبة العالية جداً لكلوريد الصوديوم وبالتالي فهو ينمو بشكل أفضل في بحار الشمال الباردة التي تكون ملوحتها أقل. درجة الحرارة يمكن أيضاً أن تكون عامل إعاقة. تكون أفضل حماية للقطع في هذه الحالة هو الدفن السريع في الرسوبيات. تلك الرسوبيات تحفظ القطعة من التدهور الكيميائي والبيولوجي معاً علاوة على حفظها من التأثير المُصنفر للتيارات.

قلوي	متعادل	حامضي
عظم	عظم	عظم
خشب	خشب	خشب
جلد	جلد	جلد
نسيج من مصدر نباتي	نسيج شعر (كيراتين) قرن (كيراتين)	نسيج من مصدر حيواني شعر (كيراتين) قرن (كيراتين)

إحتمالات وجود مواد عضوية في الأوساط الرطبة بدلالة رقم الـ pH (First Aid for Finds, 1987).

بعض حالات المواد العضوية في الحفريات

الأنواع الثلاثة الرئيسية للتغييرات (الفيزيائية، الكيميائية، البيولوجية) التي قمنا باستعراضها، مع بيان صلتها بأوساط الدفن (أرضية، مائية، بحرية) تكون مشتركة لكل المواد العضوية. غير أنه على حسب طبيعة المادة (خشب، جلد، إلخ...) يكون لكل منها سلوكياتها الخاصة بها.

خشب وخوص

يملك الخشب، وقت تشغيله وفي أثناء استعماله، نسبة رطوبة داخلية تتراوح من ٧ إلى ١٥ ٪، وذلك على حسب الوسط المتروك فيه؛ فحسبما كان الوسط قليل أو شديد الرطوبة، يتفاعل الخشب حتى يصل إلى حالة من الإتزان. وهكذا فإنه إذا كان الوسط جافاً، تختفي رطوبة الخشب تصاعدياً، أو بعبارة اخرى تجف القطعة تدريجياً. في مرحلة ما قبل الدفن الكلي وتيبس المادة، يكون الخشب عرضة لمستعمرات عديدة من الكائنات المكروية أو حتى من الحيوانات الناخرة للخشب xylophages التي تأتي لتضعف بشدة المقاومة الميكانيكية للخشب. ثم يستكمل الخشب الذي يكون مدفون على عمق أكبر عملية انتزاع الماء منه déshydratation، إلا إذا كان قد تحلل فعلاً بالكامل، وهذا يقلل إيضاً من المقاومة الميكانيكية للمواد عن طريق فقد اللدونة فيما بين الألياف المتقاربة. في هذه الحالة، فإن القطعة وقد أصبحت ضعيفة يمكن لها أن تنكسر وأن تتشوه. في المقابل، عندما يندر الأكسوجين في التربة فإن العديد من الأنواع الرمّية تختفي وتبقى فقط بعض البكتريا المقاومة لضعف نسبة الأكسوجين. علاوة على أن الخشب المنزوع الماء déshydraté يكون صعب المنال من قبل هذه الكائنات، فتشكل الألياف المتقاربة حاجز فيزيائي ولا تتمكن المستعمرات من إختراق القطعة في العمق. على العكس من ذلك فإنه إذا كان وسط دفن القطع يتواجد في حالة رطبة، فإن كثير من العمليات تجرى لتيسير الحفاظ على الأبنية من ناحية والعمل على تدهورها من ناحية أخرى. في مثل هذه الظروف

من الرطوبة فإن الخشب يتشرب برطوبة الوسط وفي مرحلة أولية، ينتفخ بناء الخلية بتلك المياه. ثم، وبشكل دائم من أجل الوصول إلى إتزان مع الوسط، يستمر الخشب في التشرب بالماء الحر في فجواته الخلوية. في أثناء الدفن تستعمر الكائنات المِكروية الخشب، متخذةً الطرق الطبيعية التي تتيحها لها الأشعة rayons والقنوات vaisseaux، ولكن أيضاً من خلية لأخرى وبين النقط ponctuations. ويكون هذا سهلاً بالنسبة لها لأن الماء الحر يزيح السلاسل الجزيئية، وبالتالي الألياف، فاتحا بذلك طرق مرور جديدة. نوعية الأنواع العضوية المتواجدة تتغير على حسب سرعة الدفن، فكلما أُسرع بوضع القطعة في ظروف ضعيفة أو منعدمة الأكسوجين كلما قلت أعداد الأنواع، حتى تقتصر على البكتريا اللاهوائية وحدها. هذه الأخيرة مشهور عنها عملها على المدى الطويل في حين أن الأنواع الأخرى تؤدي إلى تدهور الخشب بشكل سريع جداً.

إلى جانب فعل الإرتخاء الذي يولده الماء داخل بناء جدران الخلية فإنه يسمح بشكل غير واضح بإذابة بعض المركبات الكيميائية للخشب (بكتين، نشا، إلخ. ...) وهي أيضاً تسبب التميؤ على مستوى الهيمي سليلوز والسيليلوز، وهذا يقلل من طول السلاسل لهذه البوليمرات العالية ويفتح الطريق أمام وظائف جديدة للهيدروكسيل (OH) الذي تصبح معه جدران الخلية أكثر استرطابا.

إن انتشار الماء في البناء ييسر من غزو الكائنات المِكروية. بعض هذه الكائنات يملك أنزيمات خاصة، السليولاز cellulases (أنزيم يُميأ السليلوز) الذي يُمكنها من قطع سلاسل السليلوز عن طريق التميؤ الإنزيمي. يعمل بدوره الفقد في السليلوز، الذي يتبع ذلك، على الإسراع من انتشار الماء وتقدم الكائنات المِكروية لمسافة أكثر عمقاً في داخل الخشب. وهكذا تتكرر العملية. في حين أنه على الرغم من التدهور الحاصل والفقد الأكيد للمادة، فإن الروابط المقامة بين سلاسل الجزيئات الضخمة macromolécules والماء ستسمح للأبنية بالصمود بدون إنهيار. في هذه العملية، يتعرض الخشب لتغييرات تتقدم من الخارج في إتجاه الداخل، سنعبر عنها إذاً بالتغييرات المركزية altération centripète.

لا تدوم الأنوع المختلفة من الخشب كلها بنفس القدر. قد سبق أن ذكرنا أن كثافة الخشب تُبطئ من عملية التدهور عن طريق التقليل من مسامية الأنسجة وبالتالي من سرعة انتشار السوائل. ولكن بعض الظواهر الأخرى مثل تكون خشب القلب تؤدي إلى إنسداد تدريجي للقنوات، يتم ذلك في البلوط مثلاً، وهذا يقلل من إحتمالات تغلغل الأجسام الغريبة حتى القلب. علاوة على ذلك فإن بعض الصنوبريات تمتلك في بنائها مركبات فينولية phénoliques لها خصائص مبيدة مطهرة تحد من الاستعمار البيولوجي.

في أثناء فترة الدفن، في المواقع الأرضية أو في الأوساط البحرية، وعلى حسب نسبة الأكسوجين ودرجة الحرارة، فإنه يمكن لهذه العمليات أن تتباطأ أو حتى تتوقف عندما تصل إلى عتبة الإتزان seuil d'equilibre فيما بين الخشب والوسط الموجود به.

في أثناء الحفريات، فإن التكوينات التي نعثر عليها في هذا الموضع مثل الألواح السميكة madriers أو الأوتاد pieux من البلوط، تُنبؤنا عن تأثير الكائنات المِكروية. بفضل الحفظ الجيد نسبياً للأجزاء المدفونة، لا يكون مستوى الرسوبيات هو الوحيد الذي يكون من السهل التعرف عليه ولكن يتم التعرف أيضاً على عملية التدهور المركزية وذلك عن طريق: طبقة الخشب الدائرية ذات السمك المتغير من ١ إلى ٥ سم، التي تكون ضعيفة المقاومة للغاية وإسفنجية وذات لون داكن (هذه الصفة الأخيرة، يكون مزدها إلى مستخلصات التربة بالاضافة أيضاً إلى الوسط القاعدي) وهي تُخفي جزء مركزي سليم وصلب، يكون في بعض الأحيان مكون من خشب قلب دائم التخشب lignifié. يجدا العفن والبكتريا فعلاً صعوبة كبيرة في تدهور هذا البوليمر العالي المُتعرق ألا وهو الخشبين lignine. عدم التجانس الإضافي هذا للمادة يؤدي إلى تعقيدات في اختيار المعالجات وتطبيقها. في الواقع، فإن جزء من الخشب يكون متدهور بشدة والأخر يكون قليل التدهور...

لا تُظهر القطع الصغيرة عادةً عدم التجانس هذا. فإن قطع كالملاعق الخشبية تكون مخروطة من خشب صلب، حتى وإن كانت متشبعة بالماء

تماماً، فإنها تتعرض بصفة عامة لهجوم بشكل غير متجانس من الكائنات المِكروية. في المقابل، تكون القطع المخروطة متقلبة الأطوار خلال عمليات التجفيف لأنها تُظهر خصائص ميكانيكية مختلفة حسب توجهات الأنسجة الخلوية بها وذلك لتراجعاتها الذاتية، إلخ...

السلال vanneries تكون مكونة من سيقان نجبية libériennes أو من أوراق تُظهر قابلية مختلفة للتدهور. إذا كانت الأوراق تتغير سريعاً فإن السيقان توفر حاجز فيزيائي بفضل «القشرة النجبية» écorce libérienne. في المقابل فإن المسارات الداخلية لهذه الأبنية توفر نفس طرق الاختراق التفضيلية كمثل حالة الخشب زائد على ذلك أن توزيعها يكون منتظم. فيكون استعمارها بالكائنات المِكروية سهل، وكذلك يكون تحللها. في حالة الدفن المتسرع فإن التربة المتماسكة جداً واللاهوائية هي وحدها التي تسمح بالحفظ.

جلد الحيوان والجلد المُصنع

الأنسجة الحيوانية تتعرض أيضا للتعفن السريع بعد تركها.

جلد الحيوان الطبيعي غير المُعالج كيميائياً بعمليات دباغة، نادراً ما يصادفنا في الحفريات، أو إذا حدث ذلك فيكون في أوساط دفن خاصة، تكون لاهوائية تماماً مع شروط استثنائية لرقم الـ pH ودرجات الحرارة. في شمال أوروبا وإنجلترا تم العثور على جثث بشرية محفوظة بشكل ملحوظ في تراب عضوي tourbe (Brothwell, 1986).

فضلاً عن ذلك، فإن الأوساط الجافة جداً تسمح لجلد الحيوان بجفاف طبيعي أقرب إلى التحنيط، وهذا هو حالة ما يبقى في قلب الأرض في تربة جيدة الصرف؛ إن انعدام الرطوبة يعوق إنتشار الأنواع البيولوجية التقليدية فيجف جلد الحيوان دون أن يتحلل. في مثل هذه الحالات، يتعرض جلد الحيوان لتراجعات (إنكماش) وينشف بطريقة لا رجوعية: أي أن ألياف الكولاجين تلتجم وتُكون وصلات صعب انفصامها. يأخذ جلد الحيوان إذاً شكل الجلد المصنع من غير أن يكون فعلاً كذلك، وذلك لعدم

إجراء أية عملية دباغة عليه في أي وقت كان. مع هذا الدفن يمكن للشعر أن يقاوم الفناء ولكنه يفقد خصائصه الميكانيكية فيصبح جافاً وقابلاً للكسر.

في أغلب حالات الدفن inhumations فإن عمليات التعفن putréfaction تشترك فيها البكتريا المعوية للمتوفي التي تعم إذاً مجموعة الأنسجة وتستهلك الأكسوجين بها؛ عندما ينتهي الأكسوجين تتناوب البكتريا اللاهوائية الموجودة في الجسم العمل، وتكمل دورها بكتريا التربة. إذا كان الوسط منعدم الأكسوجين فإنها تكون الأنواع البيولوجية الوحيدة العاملة. في الحالة العكسية، فإن العفن والحشرات آكلة الجيف nécrophages تكمل تدهور الجسم. هذه الكائنات تمتلك إنزيمات مثل الكولاجيناز collagénase (*Lucillia species*) التي تختزل الكولاجين. يرقة التينيولا Tineola تهاجم كيراتين الشعر وذلك باختزال كباري S–S إلى S–H. تتميأ الدهون في وجود الرطوبة بواسطة شحماز الأنسجة (ليباز) (خميرة شحمية) lipases ثم بواسطة الإنزيمات المغذية للدهونlipolytiques للبكتريا (*Clostridia species*)، تتأكسد الدهون أيضاً للألديهايد aldéhydes والستونات cétones، تتدهور البروتينات لبولي ببتيد polypeptides أصغر ثم تتجزأ إلى أحماض أمينية. ينتهي الأمر بالأنسجة إلى التسييل (التحول إلى سائل) liquéfier ثم تتلاشى. ينبعث من الجثة بالتدريج غازات ناتجة من هذا التحلل منها الـ CO_2، كبريتيد الهيدروجين، النشادر، الميثان، الذين يتولد عنهم وسط مختزل (Janaway, 1985). هذا الملخص يُعطي لمحة لتعقد الظواهر التي تسود عند تعفن جلد الحيوان واللحم، وهذا التعفن يتباطأ تحت الظروف اللاهوائية أو عند درجات حرارة ورطوبة ضعيفة، وهي عوامل غير تفضيلية للمؤثرات البيولوجية للتعفن.

أثناء التنقيب، غالباً ما يُكشف عن الجلود المصنعة أكثر من الجلود الطبيعية، لأنها تقاوم بشكل أفضل هذا التدهور البيولوجي بفضل عمليات الدباغة، يبقى العفن والبكتريا عدوا الجلود، ونُذكر مرة أخرى أن وحدها الظروف الخاصة بالوسط المحيط بالقطعة المدفونة، هي التي تضمن لها الوصول

إلينا. إذا كانت هذه الإشتراطات تجتمع بشكل شائع في التربة المشبعة بالماء، فإن الجلود التي تكون أقل استرطاباً من الخشب بفعل إنسداد مسامها بواسطة مواد الدباغة، لا تكون أقل في الحساسية للماء. فهذا الماء له المقدرة على إذابة بعض مركبات الجلود وبالأخص بعض مواد الدباغة (شبة، شحومات، إلخ...) وتصبح الجلود إذاً قابلة للتدهور. بالرجوع إلى بعض الأعمال الهولندية، فإن أغلب الجلود التي وجدت في الحفريات هي من جلود الحيوان المدبوغة بمواد نباتية تقاوم بشكل أفضل ظروف الرطوبة (Van Dienst, 1985).

في جميع الحالات، فإن الجلود المصنعة الرطبة تكون غالباً جلود حل فيها الماء محل المواد التي فُقدت بالغسل والتي تحللت بالماء، مدخلاً بذلك في المادة مواد غير عضوية مختلفة (كربونات، سيليكات، أكسيدات، إلخ...). من ناحية أخرى، فإن ألياف الكولاجين تتفرق بشكل غير طبيعي في خضور الماء، فتميل إذاً إلي التقارب أثناء التجفيف. يشتمل التجفيف على مخاطر لا تكون ناتجة فقط عن التراجع الكبير الذي يتم ولكن أيضاً عن التشكل (الذي يكون ثمرة لعدم التجانس بين درجات التغيير المختلفة في داخل نفس القطعة). في حالة الجلود المصنعة التي وجدت وهي جافة فعلاً فإن الضرر يكون صعب الرجوع فيه.

النسيج

إذا أخذنا في الاعتبار كل العوامل المسئولة عن تدهور النسيج الحيواني والنباتي التي يمكن أن نجمعها كلها في تأثير العامل الفيزيوكيميائي الأول ألا وهو «الماء» زائد على هذا كل العوامل البيولوجية، فإنه من المستغرب بعد كل هذا أن تصل إلينا بعض شواهد من النسيج.

ومع ذلك، فإن هذا يحدث فعلاً ولا يتراءى لنا أنه من الضروري بعد ما سبق من شرح وافي أن نُذكر أن ظروف الدفن الخاصة هي صاحبة الفضل في هذا. يجب إذاً أن نشهد للألياف النسيجية بالمقاومة الميكانيكية غير العادية والتي تكون ناتجة حتماً من طريقة تصنيعها حيث تكون مبرومة

لعدة مرات حول نفسها ومأخوذة في شبكة معقدة لحد ما إبان نسجها، يمنح ذلك النسيج خواصاً ميكانيكية جيدة بالمقارنة بالألياف الطبيعية (غير المنسوجة).

وهذا قد يفسر لنا كيف أن للتغيرات الفيزيائية تأثير ضئيل على هذه المواد خلال فترة الدفن. وهذا خلاف ما يكون قد جري للقطع أثناء الاستعمال من طي متكرر أو حك مضاعف وشد للخياطات، كل هذا يمكن أن يتيح الفرصة للتهتكات.

خلال فترة الدفن، تتيح بعض الأحداث الفرصة للنسيج لكي يصل إلينا ويفلت من التدهور البيولوجي، وبالأخص القرب من القطع المعدنية مثل البرونز أو سبائك النحاس الأخرى التي تكون لأملاحها سمية بالنسبة للكائنات المِكروية. أحداث أخرى قد تنتج بفعل المياه الجوفية التي تحمل الأملاح التي تترسب على النسيج بحيث يتشرب بها إلى الحد الذي يؤدي إلى تمعدنه بشكل دائم. يتم الكشف عن قطع النسيج تلك بعد تمعدنها وهي في صورة متصلبة وقابلة للكسر مثل الزجاج. وتضمن لها طبيعتها المعدنية الجديدة الحفظ الجيد.

نفس عمليات التمعدن minéralisation تلك يمكن أن تجري في حالة ما إذا كان القماش يلامس مباشرةً معادن على شكل قطع مصنوعة من الحديد مثلاً. تعمل أكاسيد الحديد الناتجة عن تآكل القطع الحديدية على تشرب النسيج وبالتالي على «حفظه». في هذه الحالة كما سبق أن رأينا، فإن القماش الذي تم العثور عليه لا يكون بنفس بنائه العضوي الأصلي ولكن شكله يكون محفوظ.

عندما يكون هذا التشرب بأكاسيد الحديد قد صاحبه تدهور بيولوجي للألياف، فإنه يمكن العثور في أكاسيد القطعة المعدنية على علامة النسخة السلبية (نيجاتيف) للنسيج المفقود. تمدنا هذه العلامة بالمعلومات المفقودة بأمانة شديدة، ولهذا السبب يجب علينا المحافظة على هذه الأكاسيد؛ وعلى حسب أهميتها، يمكن لنا إذاً أن نختار طباعتها عن طريق أخذ أثر لها حسب التقنيات المستخدمة في صب القوالب.

أما فيما يخص تغيير الأنسجة فإننا يجب أن نتذكر أن الأوساط الضعيفة القاعدية تصون الأنسجة الحيوانية أفضل من الأوساط الحامضية. في حين أن الكيراتين يتفاعل بشدة مع الأوساط شديدة القاعدية، أو في ظروف قصوى يمكن له حتى أن يذوب عن طريق انفصام كباري S-S وتميؤ السلسلة الهضمية chaîne peptidique. تكون أغلب البروتينات حساسة للضوء الذي يسبب تفاعلات أكسدة ضوئية photo-oxydation؛ وهذه التفاعلات تُحَفز بوجود الأملاح المعدنية وبالأخص في وسط حامضي (Florian, 1987). وعلى النقيض من ذلك فإن الألياف التي مصدرها نباتي تُحفظ بشكل افضل في الظروف المائلة نحو الحامضية (رقم الـpH ‹ ٥)؛ وفي الواقع، فإنه في نطاق لرقم ال pH من ٥ إلى ١١ ينتفخ السليلوز وهذا يسمح بإقامة تفاعلات تميؤ أوأكسدة في قلب بنائها الدقيق.

بغض النظر عن وسط الدفن، فإن الصبغات teintures نادراً ما تكون مرئية على النسيج الأثري الذي يأخذ ألوان من البيج الفاتح إلى البني الغامق، في حين أنه لا مجال للشك أن الصبغات كانت مستعملة بشكل واسع وكانت غالباً مكونة أساساً من مصدر نباتي أو طينة طبيعية أو أكسيد معدني. وفي الغالب تكون قد بهتت بتواجدها الطويل في الأرض. في حين أنه بواسطة التحليلات الدقيقة بالسبكترروميترية تحت الحمراء (تحليل الطيف للأشعة تحت الحمراء) spectrométrie infra-rouge أو بالكروماتوجرافية chromatographie، في الطور السائل أو الغازي، فإنه يمكن التعرف على آثار الصباغة النباتية أو العضوية المفقودة.

العظم والعاج

التغييرات في العظم والعاج تعتمد مرة أخرى على وسط الدفن، إلى جانب طبيعة ومصدر المادة وهذا يعني أن سرعة التدهور لا تكون واحدة، وذلك على حسب ما إذا كان العظم قادم من مصدر معافى، صغير أو متقدم في السن، إلخ...؛ علاوة على إن هذه السرعة تختلف بدلالة طبيعة

العظم (عظم طويل أو عظم مسطح). ويكون الحال نفسه بالنسبة للعاج الذي يختلف طبيعته وتكوينه بعض الشئ على حسب الحيوان الآتي منه.

يعمل التدهور البيوكيميائي بسرعة أكبر عندما يكون العظم لم يتخلص بعد من اللحم العالق به. ويأتي اللحم أثناء تعفنه بكائنات مِكروية قادرة على مهاجمة العظم. في حالات كهذه، فإن الجزء العضوي يتدهور بالطريق الإنزيمي تاركاً فراغات في الجزء المعدني. تتشبع هذه الفراغات بالماء في حالة التربة الرطبة. تكون الأملاح المنقولة بالماء ذات طبيعة معدنية في حالة التربة القاعدية، وتتبلور هذه الأملاح في الأماكن الخالية. وهذا يقوى النسبة المعدنية في العظم أو العاج (Baer, Indictor, 1974; Baer *et al.*, 1978). عندما يتعلق الأمر بالأملاح المذابة فإن العظم أو العاج يكون لهما طابع مسترطب يؤدي بهما إلى الإنتفاخ أو التبلور حسب درجة الرطوبة المحيطة بهما، هذه التغيرات في الحالة لا تحدث بدون خلق إجهادات تسبب التشقق أو التشظي إبان التجفيف السريع جداً.

في أثناء تمعدن العظام، فإن فوسفات الكالسيوم يتبدل بالتدريج إلى كربونات الكالسيوم الذي يزيد من مسامية النسيج. يُفرق بين ظاهرة التمعدن تلك وبين استحفار fossilisation الأنسجة العظمية، التي في أثنائها لا يكون هناك تغيير لا في البناء الميكروسكوبي ولا في وزن القطعة (Florian, 1987).

في التربة الحامضية أو التي أصبحت حامضية موضعياً، بفعل القرب من خشب تابوت مثلاً، يكون الجزء المعدني مذاباً. إذا كان للوسط طابع لاهوائي، فإن الجزء العضوي يمكن إذاً أن يُحفظ وكذلك العظم أو العاج اللذان يكونان في حالة جيدة ظاهرياً عند الكشف عنهما، ولكن ذوبان الجزء المعدني يجر إلى فقد كبير للخصائص الميكانيكية للقطعة. يجب إذاً التهيب من تطور التجفيف لهذه المواد، لأن المكونات العضوية التي منها الكولاجين يكون رد فعلها على الجفاف هو حدوث تغيرات أبعادية بها تسبب الشقوق والكسور. وعلى العكس من ذلك عندما تكون التربة جيدة الصرف والتهوية، فإن العمليات البيولوجية تمضي قدماً في تدهور المواد العضوية وفي كثير من الحالات يختفي العظم والعاج بالكامل.

يكون لون العظم أو العاج اللذان نصادفهما في الحفريات شديدا التغيير. في أغلب الحالات يكون هذا اللون أبيض أو بيج فاتح، ويمكن لهذا اللون أن يتغير ليضبح داكن حتى نصل إلى اللون الأسمر أو البني الغامق ويكون هذا من تأثير مركبات التربة التي تنتشر في أبنية العظم أو العاج. ويمكن للعظم أو العاج بنفس الطريقة أن يأخذا ألوان الأملاح المعدنية النابعة من أجسام قريبة منهما، كالأحمر لأوكسيد الحديد أو الأزرق والأخضر لكربونات النحاس. في جميع الحالات، يجب أن نفرق بين هذه الألوان وتلك التي تكون ناتجة عن تدهور حراري dégradations thermiques سواء لرغبة في التجميل أو نتيجة لحادث (حريق مثلاً).

في الواقع، يأخذ العاج ألون مختلفة بدلالة درجات حرارة التحميص التي يتعرض لها. calcination هذه الظاهرة تكشف عن شيئ من الفقد الأولي في تركيبه الكيميائي (Baer *et al.*, 1971).

اصفر	٢٠٤ درجة سلسيوز
اسمر	٢٦٠ درجة سلسيوز
اسمر / اسود	٣١٦ درجة سلسيوز
اسود	٥٩٣ درجة سلسيوز
ازرق - رمادي بحري	٦٤٩ درجة سلسيوز
ازرق - رمادي فاتح	٧٦٠ درجة سلسيوز
أبيض	٨١٦ درجة سلسيوز

إلى جانب اللون فإن المظهر الداكن، والجاف، الخالي من الدهون لسطح القطعة والأجزاء المتكسرة منها، يتيح غالباً التعرف على وجود حالة التحميص. تتعرض العظام كذلك لتدهور فيزيائي بسبب النباتات العليا، وليس من النادر رؤية سطحها يجري فيه شبكة كثيفة إلى حدٍ ما من الدهاليز المفتوحة، والتي هي عبارة عن ندبات stigmates تكون قد تركتها الجذور (صورة ٢).



صورة ٢. تدهور العظام عن طريق النباتات أو الكائنات المكروبية، (صورة S. de La Baume).

على حسب تنوع العمليات الفيزيائية، والكيميائية، والبيولوجية التي جرت أثناء فترة الدفن، فإن القطع التي يتم الكشف عنها أثناء البعثات الأثرية تتمثل فيها مظاهر متعددة تكون كاشفة للتغييرات العميقة نسبياً في بنائها.

من ضمن مجموعة تقنيات الحفظ التي في متناول أيدينا، فإنه يكون إذاً من الضروري الاختيار فيما بينها بدلالة القطعة وحالة التغير بها بحيث تسمح للقطعة بالتكيف مع الجو المحيط والاستقرار بأحسن شكل ممكن في وسطها الجوي الجديد. لا يتم هذا الاختيار إلا على أساس من المعرفة الجيدة لمجموعة تقنيات الحفظ، وتشخيص للتغييرات التي تعرضت لها القطعة، وتحليل للتجارب التي تمت على المواد المختلفة.

معالجات الحفظ

المواد العضوية تكون دائماً آيلة للتلاشي مع تقدم العمليات البيوكيميائية للتحلل، غير أن بعض الظروف الاستثنائية للدفن تتيح تباطؤ هذه العمليات أو حتى وقفها. ولكن بشكل عام، فإن القطع التي تصل إلينا تكون محظوظة. تخل عمليات التنقيب بالتوازن الذي تتواجد فيه القطعة وبالأخص عن طريق إدخال الأكسوجين، وأيضاً بإحداث تغييرات في درجة الحرارة والرطوبة. يستتبع تلك التغيرات، كون عدد كبير من التفاعلات البيولوجية والكيميائية «تعاود البدء».

يكون هدف معالجات الحفظ الحد من هذه العوامل وإعادة القطعة لظروف التوازن مع الوسط الجوي الجديد ورد جزء من خواصها الميكانيكية المفقودة، وذلك بمراعاة طبيعة وشكل نسيج المادة الأصلية لأقصى حد.

هذا المفهوم للحالة الأصلية état originel للمواد يكون صعب التعريف. فهو لا يعني أصل المواد بالمعنى الحرفي أي قبل التدخل الصناعي، وكذلك لا يشير للقطعة عندما صُنيعت كقطعة جديدة قبل أن تتعرض لأية تغييرات ناتجة عن استعمالها: يأخذ هذا المفهوم في الاعتبار تاريخ القطعة مع كل ترميم فيها أو إعادة استخدام لها. في إطار الحفظ الأثري، تكون بالطبع تلك الحالة الأخيرة للقطعة هي التي من المهم العثور والمحافظة عليها. ولكن بعد التدهورات المتعددة التي تم التعرض لها على مر فترة الدفن، فإنه يكون أحياناً من المستحيل تحديد بالضبط حدود الحالة الأصلية للقطعة. في هذه الحالة، فإن هدف الحفظ الأثري سيكون الأحتفاظ بالكشف في إكتماله الحالي. يكون هذا شائع الحدوث جداً، فعمليات التدهور تحول التكوينات بطريقة لا رجوعية.

إن حفظ المواد العضوية لا يكون فقط تمرين معملي. فإنه في ساحة الحفائر، وفي الوقت الذي تتعرض فيه القطع لإختلال التوازن الخاص بها، يستوجب علينا أن نطبق إجراءات الحفظ. لقد تم إعطاء توصيات مختلفة في الباب الثاني، وإتباع هذه التوصيات لا يضمن فقط البقاء للقطع ولكن في أحيان كثيرة يتعلق عليه نجاح المعالجات التي ستتم في المعمل.

التنظيف

عندما تصل القطع إلى معمل الحفظ، فإنه غالباً ما يكون قد تم التخلص جزئياً من الرواسب المغطية لهم، إلا إذا كان من غير الممكن استخلاصهم وعدم جواز نقلهم إلا مع مدرة (حفنة من الأرض المتماسكة en motte التي تضمن إذاً للقطع تماسكاً مؤقتاً. إذا كانت المواد العضوية رطبة، فإنه يكون من العاجل القيام بتنظيفها من التربة المتبقية عليها، حيث إن هذه التربة تكون محل تلوث بكتيري وفطري متعدد، مما ينقل العدوى للقطعة بشكل سريع. ومن ناحية أخرى فإن البدء في تجفيف غير متحكم فيه يمكن أن يسبب الفقد النهائي للقطعة، ويكون أساسياً أن تمنح القطعة تهيئة مناسبة بعد تنظيفها تسمح بالتأخير في إجراء معاملات الحفظ بضعة أيام أو بضعة شهور.

إن تقنيات التنظيف والتخزين المؤقت تختلف على حسب كون المواد جافة أو رطبة، وإمكانية فصلهم من عدمه عن القاعدة التي تهيئها لهم الرسوبيات، وذلك بدون تشكيل أو كسر لهم.

القطع الجافة

المقياس الأساسي الذي يتيح تصنيف القطعة كقطعة جافة، هو الطبيعة الجافة للرسوبيات المحيطة بها. أي قطعة يكون بها بقايا رسوبيات رطبة تصنف على أنها من المواد الرطبة.

القطع الجافة، وقد عرّفناها، تكون قد فقدت ليس فقط كل الماء الحر بها ولكن أيضاً الجزء الأكبر من الماءالداخل في تكوينها. وهكذا، بعد التغير في تكوينها الكيميائي لا يصبح بناء هذه المواد ملائم لإنتشار الكائنات المِكروية التي يلزم لنموها معدل معين من الرطوبة. نظراً لذلك، لا يكون هناك حاجة للانشغال بالكائنات المِكروية، غير أن الحكمة توصي بمراقبة القطع بانتظام.

إن تنظيف القطعة من المواد العضوية الجافة يتضمن تخليصها من المواد العالقة على سطحها والترسبات المرصعة في ثناياها. في مرحلة أولى، نعمل على إزالة شاملة للغبار وهذا يُذهب بالجزء الأكبر من الرسوبيات.

تكون القطع العضوية الجافة هشة وقليلة المقاومة للضغوط والإحتكاك. ويكون إذاً من الضروري أثناء إزالة تلك الأتربة استعمال أدوات أقل في الصلابة من القطعة نفسها، مثل ريشة رسم أو فرشاة لينة. ولكنه في هذه المرحلة، تستبعد فقط جزيئات التربة التي تملك قوة التصاق بالمادة أضعف من القوة المتولدة عند إحتكاك الفرشاة.

ولا تبقى في مكانها إلا الجزيئات المرتبطة ارتباط وثيق بالمادة والتي يتطلب إزالتها فعل قوي يؤدي إلى الإضرار بتماسك سطح القطعة ذاتها. وهي تكون إذاً إما ترسبات نقطية (حبات رمل، أجزاء من جذور، إلخ...)، أو ترسبات منبسطة متكونة من تجمع عدة جزيئات مُسمنتة. في وجود الترسبات النقطية، يتضح أن استعمال عود صغير من الخشب يكون فعال للكشف الموضعي عن حبة سيلكا، ولكن هذا لا يتم بدون خطر على المادة التحتية (Cleaning, 1983, p. 27-32). في حالة الترسبات المنبسطة، فإنه يكون من الممكن اللجوء إلى «المذيبات» solvants. وهي لا تذيب الترسبات بمعنى الكلمة ولكنها تتداخل مع الجزيئات المكونة للأسمنت وتفصم الروابط بينها، مقللة بذلك بشكل كلي قوى الترابط بين الجزيئات بعضها البعض.

تتكون المذيبات من جزيئات شديدة الترابط لحد ما مع بعضها البعض وذلك على حسب خصائصها القطبية. تُعرف لزوجة viscosité المذيب عن طريق القوى النسبية لهذه الروابط البين جزيئية Intermoléculaires. فمثلاً الماء الذي تكون فيه الجزيئات أشد ارتباطاً من الأسيتون أو الكحول «ينساب» بشكل أقل ولذا يكون أكثر لزوجة. يكون تطاير volatilité المذيب الذي يتحكم في عمليات التجفيف مرتبط أيضاً بقوى الترابط بين الجزيئات للسائل؛ وهكذا فإن الأسيتون والكحول يكونان أكثر تطايراً من الماء. مقاس الجزيئات يؤثر أيضاً على اللزوجة: سوائل مثل الزيوت، المكونة من جزيئات كبيرة قليلة الحركة من فعل تراكمها الذاتي، تكون عالية اللزوجة. بشكل

عام، يقلل ارتفاع درجة الحرارة من لزوجة السائل عن طريق زيادة حركية الجزيئات الناتجة عن طريق انفصام الروابط البين جزيئية.

كما هو الحال في السوائل، فإن المواد الصلبة تمتلك قوى الترابط الخاصة بها. زائد على ذلك وجود قوى تجاذب بين جزيئات المواد الصلبة والسوائل. تكون قوى التجاذب بين جسم عضوي ماص للماء hydrophile، سواء كان سليلوزي أو بروتيني، مع الجزيئات القطبية للماء أعلى من الروابط البين جزيئية للسائل: وينتج عن هذا إمتصاص للماء عند سطح المادة.

على العكس من ذلك، فإنه في حالة مادة كارهة للماء hydrophobe أو غير متفاعلة inerte مثل جسم دهني أو زجاج، تكون قوى التجاذب شبه منعدمة تقريباً بالنسبة للقوى البين جزيئية للماء، وتلك لا يمكن لها أن تقيم وصلات مع المادة وتبقى كقطرة متكونة على السطح. التوتر السطحي tension superficielle لسائل يحدد مدى الأهمية النسبية لقوى الترابط الخاصة به بالنسبة لقوى التجاذب التي يمكن أن يقيمها السائل مع دعامة معينة. وهكذا، فإن قوى الترابط البين جزيئية للماء تجعل منه مذيب ذو لزوجة وتوتر سطحي أعلى من تلك التي للكحول أو الأسيتون.

قبل أن نصف كيفية استخدام المذيبات إثناء التنظيف، فمن الضروري أن نُذكر أن الفرغات في الأبنية الخاصة بالمواد العضوية (نظام هفرس Haversien، قنوات، أشعة، إلخ...) تعمل بشكل مماثل لعمل القنوات الدقيقة.

تصعد السوائل طبيعياً في الأنابيب الدقيقة حسب الظاهرة التي يطلق عليها الخاصية الشعرية. كلما كان السائل يتمتع بقوى بين جزيئية عالية وكان قطر الأنابيب صغير ترتب على ذلك صعود أكبر في الشعيرات. وأخيراً، فعلى حسب التوتر السطحي للمذيب وطبيعة الأنبوبة سواء كانت قطبية أم لا، سيحدث صعود في الشعيرات مع تكون سطح هلالي محدب أو مقعر (Cleaning, 1983, p. 47).

في أثناء تنظيف القطع العضوية، يكون اختبار المذيب هام جداً. في الواقع، ان إستعمال أي مذيب يكون هدفه زعزعة الجزيئات المسمنتة وليس النفاذ إلى داخل القطعة. سنختار المذيب الذي يكون له توتر سطحي

منخفض بشكل كافي بحيث يسمح بتوزيع جيد للمادة في فجوات الترسبات وأن يكون له أيضاً ظواهر شعرية محدودة وتطاير مرتفع مما يضمن التبخر السريع.

هذا الاعتبار الأخير يمكن له أن يبطئ من عملية التنظيف في حالة ما إذا كانت سرعة التبخر لا تترك الوقت الكافي للجزيئات لكي تنجرف مع المذيب. هذا النوع من التنظيف يكتمل بتأثير ميكانيكي خفيف لفرشاة رسم أو عود بطرفه قطن متشرب بالمذيب.

الكحوليات الإيثيلية والميثيلية تخضع لهذه المقاييس أكثر من الماء وتسمح عامةً بالحصول على نتائج جيدة، سواء على الخشب أو العظم أو العاج.

يُبَيض الأسيتون قليلاً تلك المواد السابق ذكرها، بإزالة الدهون من عليها ولكن لا يبدو مع هذا أنه يغير من بنائها. في أثناء التنظيف يجب أن نظل منتبهين للزخرفة الملونة polychromie الشائعة على القطع المصنوعة من العظم والعاج والتي يمكن لها أن تذوب في مثل هذه المذيبات. في أغلب الأحوال يكون من الضروري إعادة تثبيت هذه الزخرفة قبل استكمال التنظيف.

بالنسبة للنسيج، عندما يكون تماسكه كافياً، فإنه يُعتبر من المواد العضوية التي لا يمثل تنظيفها في حمام ماء منزوع التمعدن أدنى مجازفة. ويجب في هذه الحالة إعادة بله بشكل متدرج، وهذا لا يكون دائماً متيسراً. فالألياف تكون قد قامت بعمل روابط بين جزيئية فيما بينها بعد تقاربها على مدار التجفيف.

حتى نعمل على إدخال الماء بين الألياف يكون إذاً من الضروري أن نجعلها ترتخي ونخفض من التوتر السطحي للماء. توجد وسائل مختلفة تفي بهذا الغرض منها: استعمال محلول كحولي (٥٠ ٪ بالحجم)، فللكحول توتر سطحي أقل من الماء، ونضيف خافض للتوتر السطحي surfactant إلى المحلول (Cleaning, 1983, p. 46-47). سنستعرض هذه الطريقة فيما بعد، مع بيان كيفية تنظيف النسيج المعاد بله، والذي سيعتبر كأنه نسيج أثري مشبع بالماء.

في بعض الحالات، تكون المواد العضوية قد حُملت بالأملاح أثناء دفنها. وهذه الأملاح بسبب طبيعتها المسترطبة تشكل خطر حقيقي في قلب القطع أثناء التغييرات المرطابية hygrométriques (تغير الرطوبة النسبية في الجو). يمثل استخلاصهم دائماً مشكلة حتى عندما يكونوا ذائبين في الماء، وذلك لأن تعرض المواد الضعيفة لسلسلة من الحمامات يعقب كل منها تجفيف لا يتم بدون مخاطرة. وبالتالي يكون اختيار طريقة إزالة الملح dessalage في حمام دائماً صعب التنفيذ، وبقدر الامكان نفضل حل بديل وهو التخزين مع المراقبة، التي تكون أحياناً صعبة، بسبب الرطوبة النسبية hygrométrie (انظر الباب العاشر).

يجب عامةً حظر استعمال الأحماض أثناء تنظيف الأملاح الموجودة على سطح العظم والعاج. في الواقع، تؤكد التحاليل وجود تدهور للطبقات السطحية بالأخص للعاج تحت تأثير حامض الكلوريدريك المخفف (Matienzo, Snow, 1986). في حين أن بعض المؤلفين يمارسون عملية إذابة الكالسيت calcite أو الجبس من على العظم والعاج مستخدمين الأحماض العضوية الخفيفة.

بشكل عام، فإن التخزين المؤقت للقطع الجافة ذات الطبيعة العضوية يجب أن يضمن لها حماية ميكانيكية ضد حوادث الصدمات مثل: الصدمات الناتجة عن عامل خارجي، الضغط بين القطع بعضها البعض، إلخ... ولكن بالأخص، يجب على التخزين أن يشكل حاجز ضد التغيرات الجوية وبالأخص ضد الإرتفاع أو الانخفاض العنيف في الرطوبة النسبية (انظر الباب العاشر).

القطع الرطبة

سواء كانت القطع رطبة أو مشبعة بالماء، فإن بناءها يحتوي على الماء الحر بنسب بالتأكيد متفاوتة في شدتها، ولا يوجد إذاً ما يعيب استكمال التنظيف في وسط مائي. في الحمام المائي، والذي يستبدل الماء فيه بصفة دورية، يتم دعك الخشب والجلد والعظم أو العاج برفق بواسطة ريشة رسم

دقيقة أو فرشاة وذلك على حسب المقاومة الميكانيكية لكل منهم. وهذا يسمح بالتخلص شبه التام من الإتساخ الذي بعد تميئه لا يعود يشكل قوى ترابط كبيرة. نقوم بزعزعة الجسيمات شديدة التغلغل برفق بواسطة عود صغير من الخشب. هذه العملية يجب أن تتم برفق لأن الأسطح الإسفنجية للخشب أو الجلد لا تُبدي أي مقاومة ميكانيكية ويكون خطر الانخلاع أو إحداث العلامات دائماً مُتحسب. غير أن هذا السطح الهش يمكن أن يتضمن آثار مهمة لتاريخ القطعة مثل: علامات للتصنيع على الخشب، آثار خيوط حياكة على القطع الجلدية أو آثار قطع ناتجة عن تجزئة العظام (صورة ٣)، في خلال فترة التنظيف يتعلق الأمر بعدم إزالة هذه الآثار، أو عدم الذهاب لأسوأ من هذا بطباعة آثار جديدة باستخدام أدوات حادة أو شديدة القسوة. إن التمعن الدقيق يجب أن يهيئ في كل الأوقات التعرف على العلامات الأصلية وتنظيفها بحرص.

يمكن أن يتم تحسين نتائج التنظيف وبالأخص للجلد والنسيج، عن طريق إضافة منظف détergent في الحمامات.



صورة ٣. نعل حذاء من الجلد يحمل علامات تثبيت لخف من القماش (21.342.95) نهاية القرن الرابع عشر (بلدية سان دونيه الوحدة الأثرية، صورة لـ S. de La Baume).

الصابون هو من أملاح الأحماض الدهنية (حامض عضوي ذو سلسلة كربونية طويلة) ويُنتج عن طريق الطبخ في وسط قلوي (صودا أو بوتاس). يحمل طرف من جزئ الصابون تجمع قطبي وهذا يكسبه قابلية للذوبان في الماء والطرف الآخر يحمل تجمع غير قطبي apolaire وهويعمل على إقامة وصلات مع جزيئات الدهون. يكون للمنظفات نفس نوع البناء ولكنها تُشتق من أملاح معدنية.

يمكن للطرف القطبي أن يُشحن بالسالب (منظف أنيوني) أو بالموجب (منظف كاتيوني)، في الواقع يكون نادراً أن تُستخدم المنظفات الكاتيونية في الحفظ. عندما يسمح الطرف القطبي بذوبان المنظف في الماء من غير أن يكون في الحقيقة مشحوناً، فإننا نستعمل تعبير منظف لا أيوني détergent non ionique (وهذا التعبير مفضل عن تعبير «منظف محايد» الذي يحمل مفهوم لرقم الـpH غير ذي علاقة مع كيفية عمل هذه المركبات)، يمكن لهذه المنظفات أن تُستعمل كخافض للتوتر السطحي surfactant، ففي محلول مائي، تقوم بخفض التوتر السطحي للماء المواجه لسطح الترسيب، وذلك لأن بفضلها تنشأ قوى تجاذب بين الدعامة والماء (تذكرة رقم ٤).

إن تنظيف النسيج هو عملية حساسة لأن النسيج يكون شديد الهشاشة؛ حيث إن الألياف قليلة التماسك مع بعضها البعض يتم انتزاعها بسهولة شديدة، بالنسبة للنسيج المشبع بالماء أو الذي أعيد إضافة الماء له بشكل مصطنع، فإن العملية يمكن أن تجرى في حمام ماء منزوع التمعدن مضاف إليه بضع نقاط من منظف لا أيوني (Symperonic N, 0,5%). يتم تحسين عملية التنظيف عن طريق ماء ضعيف القلوية (رقم الـ Hp = 7/8). وهذا الماء يُلافي ترسيب الأملاح المعدنية ويُحدث إذاً استقراراً لرقم الـ pH بإضافة كربونات أو سيلكيات الصوديوم. لا يوصى بهذه الطريقة للألياف التي من أصل حيواني، لأن البروتينات تكون حساسة لرقم الـpH القلوي. في المقابل، يكون من الممكن إضافة القليل من كربوكسيميتلسليلوز الصوديوم carboxyméthylcellulose de sodium لحمام الغسيل، الذي يكون دوره الحفاظ

على الجسيمات في صورة معلق وبذلك تجنب إعادة ترسيبها (Cleaning, 1983, p. 80-85). عندما يكون النسيج شديد التطعيم بالكربونات، فإننا يمكن أن نلجأ إلى مركبات مثل هيكزاميتافوسفات الصوديوم hexamétaphosphate de sodium (Calgon من 1 إلى 5 ٪).

لأداء التنظيف يوضع النسيج كما في داخل «ساندوتش» في شبكة من البلاستيك الدقيق النسج (كالمستعمل في الناموسية المتوفرة بالأسواق) وذلك لدعمه أثناء الغمر الذي أثناءه نعمل على إثارة خفقات خفيفة لنزع الإتساخات منه. عندما يكون النسيج نظيف بشكل كاف، فإنه من الضروري شطفه بماء منزوع التمعدن. الرواسب الصلدة الشديدة الثبات يمكن أن تُزال داخل الماء بفرشاة رسم تحت عدسة مزدوجة العينية، وذلك للتأكد من أننا لا نحدث أي تغيير بالألياف.

النسيج المتمعدن سواء كان جاف أو رطب، وعلى الرغم من هشاشته، يمكن دعكه برفق بالفرشاة تحت الماء الجاري.

أنه لمن الشائع أن تظهر في القطع بقع داكنة لأكسيد الحديد أو بقع خضراء لكربونات النحاس، التي تنتشر في داخل الأبنية المسامية للمواد العضوية أثناء الدفن؛ تكون إزالة هذه البقع شديدة الصعوبة. في حالة الأخشاب، تكون هذه الأملاح مترسبة بعمق في الأوعية الشعرية الصعب الوصول إليها أو تكون مُشاركة عن طريق وصلات إسهامية covalentes الترابط مع الجزيئات العضوية: دباغة الحديد الأسود tannate de fer في البلوط مثلاً، يكون من المستحيل عملياً استخلاصها بالكامل. لا تعمل حمامات الماء المنزوع التمعدن التي يتم تغييرها باستمرار إلا على إستخلاص جزئي للأملاح الأكثر ذوباناً.

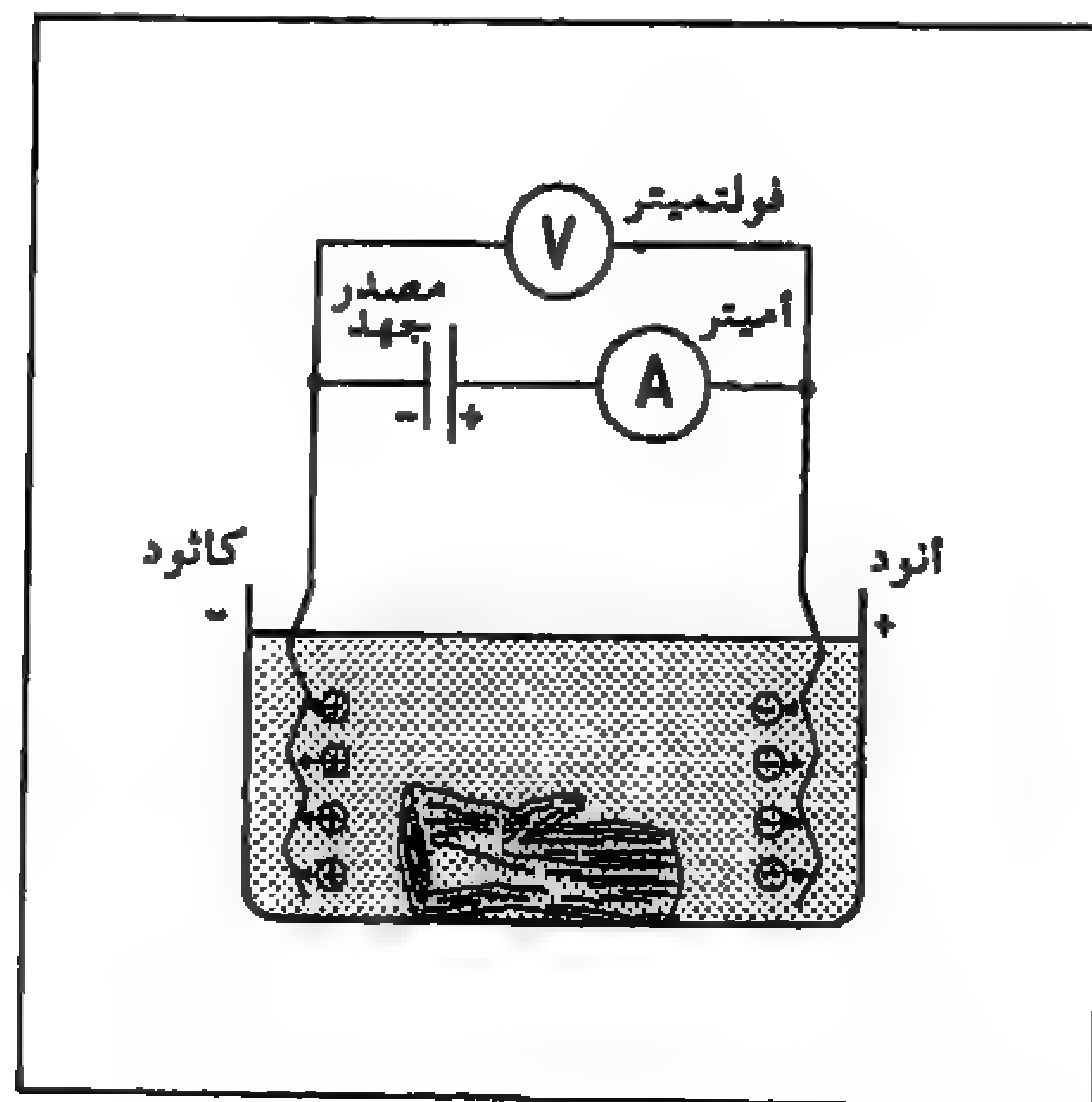
محاولات عمل مركبات من هذه الأملاح مع المنتجات المستعملة في تنظيف المعادن (مثل أملاح ثنائية الصودا EDTA disodique بتركيز 5٪)، لم تأت إلا بنتائج متباينة. فبالنسبة للجلود التي لها تركيب ليفي أكثر رخوية أعطى الاستخلاص بعض النتائج بالأخص مع سترات الأمونيوم citrate d'ammonium (Chahine *et al.*, 1988)، وأملاح EDTA ثنائية الصودا، وأملاح

أرتوفوسفوريك orthophosphorique، وأوكساليك oxalique، وأسكوربيك ascorbique (Van Soest *et al.*, 1984; Segal, Mac Donald, 1984).

فعل هذه العوامل الكيميائية يجب أن يكون محدود لبضع ساعات ويتبعه شطف وفير، وذلك لأنها تسهم في تدهور الكولاجين. بعد هذه المعالجة يستمر الشطف حتى نحصل على رقم الـpH قريب من ٥.

في أثناء تنظيف الجلود المصنعة الأثرية المعبأة بالماء فإن التأثير الكيميائي للمنظفات (Tégobétaïne) أو المركبات يمكن أن يكتمل بالتأثير الميكانيكي للموجات فوق الصوتية (Chahine, Vilmont, 1987).

تم إجراء تجارب لاستخلاص هذه الأملاح المعدنية عن طريق الاستشراد électrophorèse الذي تكون فيه القطعة من الجلد أو الخشب مغمورة في حمام في وجود مجال كهربي قائم بين قطبين، (شكل ٨)، تبقى نتائج هذه التجارب غير مستكملة: وإذا كانت هذه الطريقة تُحسن نسبياً من التنظيف، إلا أنها لا تكون بدون مخاطر على القطعة. في الواقع، فإن التغيرات في درجة الحرارة ورقم الـ pH في الحمام الناتج عن التفاعلات الكهروكيميائية القائمة عند الأقطاب لم يتم السيطرة عليها تماماً حتى وقتنا الحالي ويستلزم الأمر إجراء أبحاث إضافية (Marchand, 1987; La Baume, 1987).



شكل ٨. الاستشراد Électrophorèse.

عند إتمام تنظيف القطع الرطبة، سنشرع في القيام بالحفظ والترميم لها، ولكن في أغلب الأحيان بسبب مشاكل مادية matériels أو مالية، قد لا تتبع هذه المعاملات التنظيف بشكل فوري، يجب إذاً إرساء نظام للتخزين يعمل بغض النظر عن طبيعته على تثبيت القطعة في مواجهة التدهور الفيزيائي (تجفيف سابق لأوانه، صدمات) أو بيوكيميائي (نمو العفن والبكتريا).

توضع القطع في أكياس من البولي إثيلين polyéthylène غير المنفذ للماء مع إضافة الماء حتى نوفر ظروف رطوبة نسبية تساوي ١٠٠ ٪. نختار الأكياس لتكون كبيرة بما فيه الكفاية حتى لا تنضغط بداخلها القطع، لأنه على مر الوقت قد تتعرض القطع للتشكل على أثر الضغوط التي قد يمارسها وعاء شديد الضيق. يتم إزدواج التغليف وبذلك نحصل على التخانة التي تأمن من ناحية وقع الصدمات ومن ناحية أخرى التسرب المحتمل. عملياً نُدخل بطاقة لاصقة بين كيسين ندون عليها بقلم لا يُمحى بيانات القطعة. وهذا يسمح بالتعرف الفوري على محتوى الكيس بدون فتحه، وهذا الاحتياط يكون مفيد وبالذات عندما يكون أفضل نظام للغلق هو لحام الأكياس حرارياً (انظر الباب الثاني).

جتى نحد من انتشار الكائنات المِكروية فإنه يمكن لنا أن نُضيف إلى الماء قاتل للفطر أو قاتل للبكتريا fongicide-bactéricide واسع الطيف مثل الأمونيوم الرباعي ammoniums quaternaires أو المركبات الفينولية composés phénoliques (بوركس/حامض البوريك، سيكارتيل، داويسيل، كاتون LM، باناسيد، بريفانتول، إلخ... Borax/acide Borique, Céquartyl, Dowicide, Kathon LM, Panacide, Préventol, etc.). من الممكن أيضاً أن نؤثر على عوامل نمو الكائنات المِكروية مثل نسبة الأكسوجين الموجودة ودرجة الحرارة.

عندما نقوم بطرد الهواء إلى أقصى حد ممكن من الكيس قبل غلقه، سواء يدوياً أو بتفريغ هواء خفيف، فإننا بذلك نُبطئ كثيراً من سرعة انتشار الكائنات المِكروية. ونصل أيضاً إلى نفس النتيجة عندما نضع الأكياس في الجزء السفلي من الثلاجة عند درجات حرارة قريبة من ٣ إلى ٤ درجات سلسيوز.

ميزة هذه الطرق الأخيرة هي أننا لا نُدخل أي منتج كيميائي في المواد؛ ويجب أخذ هذا في الاعتبار بالنسبة لأية معالجات مستقبلية من قبل الفني الموكل له التعامل مع القطع.

في حالة التخزين المؤقت جداً (انتظار لأخذ عينة أو صورة) فإن القطعة توضع في حوض ملئ بالماء الجاري مرفق معها بياناتها (صورة ٤ – ا) ويوضع غشاء (فيلم) من البولي إيثيلين على سطح الماء وذلك للحد من عملية التبادل مع أكسوجين الهواء (صورة ٤ – ب)، ويُغطى الكل برقيقة من الألومينيوم التي تحمي القطعة من الضوء مما يجنبنا إذاً انتشار الطحالب الخضراء (صورة ٤ – ت). تُخزن القطعة بعد ذلك في مكان جيد التهوية مع بياناتها التي تنقل علي الحوض من الخارج.


ا


ب

ج


صورة ٤. تخزين مؤقت للمواد العضوية (قطعة من الخشب (13.422.13)، القرن الثالث عشر بلدية سانت دونيه الوحدة الأثرية. صورة لـ S. de La Baume).

حالة القطع المرفوعة في مدرة

القطع المرفوعة في مدرة prélevés en motte في حقل الحفريات تُظهر دائماً هشاشة قصوى. في المعمل، يجب على القائم بالحفظ والترميم أن يعتبر القطعة والمدرة ككل. في الواقع، فإن تدهور المدرة (تعفن، جفاف غير متعمد مع تشقق، إلخ...) يعمل في المدى المتوسط على إيجاد تفاعلات من قبل القطعة العضوية التي تحملها هذه الأرض. إذا لم نتمكن من تحقيق ثبات جيد للمدرة فإنه يكون من العاجل استخلاص القطعة المحبوسة وسط غلاف الشوائب، حيث إنها لا تكون محمية من الوسط الجوي إلا جزئياً، ويعمل الوسط الجوي على تنشيط العديد من التفاعلات الفيزيوكيميائية.

إن صعوبة استخلاص هذه القطع يرجع حتماً إلى هشاشتها.

القطع سواء كانت جافة أو رطبة، فان الأرض تمنحها تدعيم طبيعي؛ في أثناء تخليص هذه القطع، تأتي مرحلة يجب فيها التعويض عن الأرض بصورة أخرى من التدعيم الفيزيائي أو الكيميائي، سيتم استعراض هذه العمليات في الجزء القادم وذلك حسب كون المواد جافة أو رطبة.

التدعيم

يكون الهدف من التدعيم consolidation هو التخفيف من الضعف في المقاومة الميكانيكية للمادة التي تم الكشف عنها بعد تعرضها لتغييرات متعددة. يتم الاستعانة بعوامل ذات طبيعة كيميائية قريبة أو متوافقة مع طبيعة المادة المراد تدعيمها. طرق تطبيق منتجات التدعيم تلك وطبيعتها تختلف باختلاف أصل المواد المراد التعامل معها وتركيبها ودرجة الرطوبة بها. في حالة المواد العضوية الرطبة تكون وظيفة المدعمات المستخدمة أيضاً تهيئة هذه المواد لإعادة توافقها مع درجة الرطوبة الجوية، وهذا يعني تصور إجراء عمليات تجفيف بأقل درجة من مخاطر الانكماش وبالتالي التشوه.

تدعيم القطع الجافة

المواد العضوية التي تم الكشف عنها وهي في حالة جافة، تكون شديدة القابلية للكسر والتفتت، ويمكن أن يؤدي هذا إلى مظهر متذري للسطح وهذه هي الحالة في الجلود وألياف النسيج، أو إلى ظواهر تقشر من تلك الشائعة على العظم والعاج؛ وأخيراً فإننا نلاحظ ظهور تشققات مصاحبة لنتوءات على بعض القطع من الخشب. يهدف التدعيم إذاً إلى الحفاظ على الهياكل المتغيرة المتصلة بعضها البعض.

تعتبر حالة السطح للمواد العضوية الجافة مؤشر للضرر الذي تعرضت له أثناء الدفن، ولكن هذا لا يكون عادةً إلا الجزء الظاهر من السوء. لحد معين، يمكن لنا تقدير درجة التغيير في داخل القطعة حسب عمق التشققات، ومسامية ووزن المادة المترسبة، وبشكل أكيد على حسب عتبة المقاومة الميكانيكية. على حسب الحالة، فإن التدعيم يجب أن يكون له فعل على السطح أو تأثير في العمق. إذا تم في الحالة الأولى نشر مواد التدعيم عن طريق رش محلول أو طلاء لمنتج بفرشاة رسم فإنه في الحالة الثانية يكون من الضروري تشرب القطعة بالكامل، بالأخص في حمام.

تكون المدعمات consolidants مركبة دائماً من منتج طبيعي أو من راتنج تخليقي يتم سريانه في القطعة عن طريق مذيب أو سائل مُشتت.

في حالة تدعيم السطح، فإنه يراعى عند اختيار الراتنج أن يكون ملائماً للمادة، ويأخذ في الاعتبار بالتأكيد قدرته اللاصقة، ودرجة رجوعيته ولكن أيضاً مقاس جزيئاته التي تغير من لزوجة المنتج. تكون مذيبات الراتنجات المتداولة سواء كانت تلك الراتنجات طبيعية أو تخليقية هي: الماء، الكحوليات، الأسيتونات، والمركبات العطرية أو الكلورية.

كما هوالحال في عمليات التنظيف، فإنه في حدود رغبتنا في نتلافى نفاذ المنتج إلى داخل القطعة، يكون من مصلحتنا اختيار مذيبات تُظهر توتراً سطحياً ضعيفاً وشديدة التطاير، وهذا هو بالفعل حال الأسيتون.

ولكن لكل راتنج مختار يكون من اللازم إيجاد التركيز المثالي (في حدود من ١ إلى ٥٪) الذي يجمع ما بين أفضل قدرة تدعيم مع الإحتفاظ بلزوجة ضعيفة.

في أثناء التدعيم في العمق يكون الهدف هو التشبع لأعمق ما يمكن وبشكل متجانس لأقصى حد في البناء الدقيق للقطعة.

تكون المواد العضوية مثل الخشب والعظم أو العاج مكونة من عدة تجاويف خلوية cavités cellulaires وهذا يكسبها تركيب فيزيائي مسامي. كل واحد من المسام pore يعمل كأنبوبة شعرية دقيقة بالنسبة للسوائل. ويمكن أن نتوقع إذاً أن تنفذ المذيبات في القطعة عن طريق الخاصية الشعرية، وبالأخص إذا كان توترها السطحي، (بمعنى قوى التماسك البين جزيئية) مرتفع. غير أنه يظهر مثلاً كون الخشب وهو المحكوم بنظام شعري معقد ومتشعب الإتجاهات، لا يتشرب أبداً بأكمله، ولا سيما أن التغيير المركزي للمناطق المختلفة للخشب تزيد من الصفات غير المتجانسة لبناءه، وأن بعض الرواسب الصلدة للمواد اللاعضوية تسد الفجوات الطبيعية. ويكون الحال هو نفسه بالنسبة للعظم والعاج.

لكي يكون التشرب فعالاً يجب أن يجرف المذيب الراتنجات إلى أبعد حد ممكن داخل القطعة وذلك عن طريق خواصه الذاتية للانتشار، وبفضل مقاس جزيئات الراتنج أيضاً التي يجب أن تكون أقل من المسام الدقيقة الموجودة في القطعة؛ فمثلاً في حالة البناء الدقيق للعظم أو العاج فإن هذا المقاس يوجهنا لاختيار الراتنج.

في الأنظمة الشعرية فإن التوتر السطحي العالي للماء يسمح لها طبيعياً بالانتشار. ولكن في حالة المواد العضوية، فإن قوى التجاذب بين جزيئات الماء والجزيئات القطبية الماصة للماء hydrophiles للمركبات السليلوزية أو البروتينية تحد من صعود السائل. زائد على ذلك أنه عندما تكون المواد العضوية منزوعة الماء، فإن الماء يُمتص في مرحلة أولى، ولكن لا يتم هذا إلا على مستوى الوظائف التي أصبحت حرة في الأبنية المتدهورة، بفعل التحلل المائي الحامضي أو الإنزيمي مثلاً أو بفعل الأكسدة. يكون إذاً من

الصعب التحكم في ظواهر الإمتصاص والانتشار تلك ويمكن لها أن تمثل خطراً على كمال القطعة.

عند معالجة المواد العضوية الجافة، يكون إذاً من المستحسن تجنب المدعمات في محلول أو في مستحلب مائي. زائد على ذلك أن تلك المدعمات تُدخل في المواد رطوبة غير مستحبة، وذلك بالنسبة للأجسام التي تكون بالفعل مسترطبة طبيعياً. ويفضل عليها محاليل الكحوليات، السيتونات cétones أو المركبات العطرية، في حين أنه من المناسب إصدار نفس التحفظات الخاصة بالتنظيف عند استعمال المذيبات.

عند التشرب، يمكن أن نرفع قدرة النفاذية للمدعمات بإجراء ضغط يُكمل عمل القواعد البسيطة للانتشار والإمتصاص بالخاصية الشعرية، هذا الضغط يتم الحصول عليه بإجراء تفريغ هواء جزئي للوعاء الموضوع فيه القطعة. عن طريق ضغط الهواء في تجاويف القطعة ينضغط المنتج ليملأ بشكل أكبر قنوات وفجوات القطعة (انظر الباب الثالث). إن استعمال هذه الطريقة التقنية يكون له ما يبرره في حالة ما إذا كانت نفاذية المنتج ضعيفة جداً عند الضغط الجوي. ولكنها لا تكون بدون خطر على القطع التي صارت شديدة الهشاشة. أغلب الراتنجات المستخدمة في تدعيم القطع تكتسب قدرتها الميكانيكية و/أو اللاصقة برحيل المذيبات عنها. في خلال هذه العملية، وبالأحرى إذا كان المذيب يترك سطح الترسيب بسرعة -حالة الستينات شديدة التطاير - فإن جزء من الراتنجات يُحمل ليخرج إلى السطح من جديد. لتجنب ظاهرة التغذية المرتدة feed back تلك يكون من اللازم إبطاء تبخر المذيب ولذا نلجأ إلى الطرق التقنية للتجفيف البطئ التي سنذكرها لاحقاً.

تتعدد المنتجات المُدعمة المستعملة في حفظ المواد العضوية الجافة. البعض منها يكون مهيأ أكثر من الآخر، وذلك على حسب محاكاة سلوكها على الأمد الطويل لسلوك المادة التي يتم تدعيمها. ففي حدود الأمكان، يستوجب على الراتنجات التفاعل مع العناصر الخارجية المختلفة بشكل منسجم مع القطعة. نحن نعرف أن المواد العضوية يكون لها بعض المرونة،

ولهذا فإنها تتعرض لتغيرات بُعدية بدلالة رطوبة الوسط. والمطلوب إذاً من المدعمات أن تكون لها مرونة كافية لمصاحبة المادة في تحركاتها حتى لا تتولد إجهادات قد تتسبب في إحداث كسور. لسوء الحظ، فإن بعض الراتنجات، التي تكون مرنة وقت استعمالها تتحول إلى مواد قابلة للكسر مع قدمها. ومن البديهي أن نضع تصور لتجديد المعالجة: لسوء الحظ، فإن الرجوعية غالباً ما تُفقد أيضاً مع القدم. في مواجهة هذه المشاكل المتعددة يقع الاختيار على الراتنجات التي تمنح أفضل خصائص داخلية وأقصى مدة بقاء.

يتم تدعيم الخشب الجاف باستخدام بوليمرات مشتركة أكريليكية copolymères acryliques (Paraloïd B 72) في الأسيتون أو بوليمرات فينيلية polymères vinyliques مثل أستات البولي فينيل acétate de polyvinyle (Mowilith 3573) في الأسيتون أو أسيتات الإيثيل (التبخر الكامل لهذا المذيب يكون طويلاً جداً: على الأقل يوم كامل).

عندما يحتوي الخشب، والعظم، والعاج على زخرفة متعددة الألوان polychromie فإنه يمكن إعادة تثبيتها باستخدام نفس هذه الراتنجات المخففة (بتركيز ٥ أو ١٠٪) (Piponnier, 1989). في الحالة العامة، فإن خصائص إعادة التثبيت تكون أفضل عندما نلجأ إلى استخدام الراتنج عدة مرات على القطعة بتركيز مخفف وذلك لأن المحلول شديد التركيز لا ينتشر بشكل أفضل (بسبب اللزوجة العالية وتكدس الجزيئات، إلخ...).

عندما يكونا تاما الجفاف، فانه يمكن تدعيم العظم والعاج بنفس تلك المنتجات. ويمكن تحسين التدعيم بالتشرب بوضعهم تحت تفريغ هواء جزئي. غير أنه يجب أن نكون في تمام الثقة أن القطعة يمكن لها أن تتحمل ميكانيكياً مثل هذه المعالجة.

جلد الحيوان والجلد المُصنع يتطلبان بطبيعتيهما مدعمات مرنة نسبياً. المنتجات التي تمت تجربتها بنجاح هي البوليمرات الأكريليكية مثل بولي متاكريلات البوتيل polyméthacrylate de butyle (Paraloïd F 10) في محلول من الأرتوديكلوربنزين orthodichlorobenzène (Haines, 1984, p. 49)، أو

أكريلات الإيثيل acrylates d'éthyle (Pliantex) المخففة في أسيتات الإيثيل acétate d'éthyle (Spriggs, 1988). هذه المذيبات تضمن انتشار جيد للمنتج ولكنها تكون خطرة واستعمالها يتطلب حماية (قفاز، واقي للوجه «ماسك») وأقل حد من إحتياطات الأمان (عدم وجود شعلة متقدة) وتهوية أو دفع هواء تحت مدخنة. عندما يكون جلد الحيوان أو الجلد المُصنع شديدا التدهور بحيث لا يكفي التدعيم الكيميائي لحفظهما، فإننا نلجأ إلى التدعيم الفيزيائي بتبطين الأجزاء المتغيرة. سنرجع إلى هذه التقنيات فيما بعد.

في حالة ما إذا كان النسيج الاثري هشاً جداً، لكي يعاد بله، يكون من الممكن تدعيمه بأكريليك الإيثيل (بلاكسيسول، بلاينتكسي Plexisol, Pliantex) المخفف في أسيتات الإيثيل (Masurel, 1982).

في حالة القطع من الخشب أو العظم المأخوذة في مدرة وتامة الجفاف، فإنه يكون غالباً من الضروري تدعيمها حتى نتمكن من استخلاصها. يتم إجراء هذه التدعيم الشامل عن طريق رش pulvérisation البرالويد Paraloïd B72 بتركيز 5 ٪ في الأسيتون، وتتجدد هذه العملية حتى نحصل على مقاومة ميكانيكية كافية للقطعة. يتم «التنقيب» بعد ذلك في المدرة عن طريق التفتيت الموضعي للتربة بالأسيتون، مع مراقبة رد فعل القطعة، وقد نلجأ إلى إعادة التدعيم في مواضع معينة باستخدام فرشاة رسم وبواسطة راتنج خالص أو مقوى ببوليستر غير منسوج non-tissé polyester ودقيق. في حالة القطع الجلدية أو قطع النسيج، فإننا نثبت دعامة منسوجة (من نوع الشاش الجراحي) على الوجه الذي تم تنظيفه قبل المضي في عملية التخليص dégagement للمدرة (انظر الباب الثاني).

تدعيم القطع الرطبة

يُمتص الماء في بناء المواد العضوية في وسط دفن رطب أو متشبع بالماء. هذا الإمتصاص يؤدي إلى عمليات مختلفة من التدهور الكيميائي والبيولوجي التي يمكن لها الاستقرار في حالة من التوازن بين المادة والوسط

الموجودة به، وفيها يشترك الماء الموجود في الأبنية في عملية حفظها. في الواقع، يقوي الماء من الأبنية عند تشبع الفجوات الخلوية به، ويهيأ لها أن تتماسك بدون إنهيار على الرغم من التدهور البيوكيميائي. وهذا يتأكد بالأخص في حالة الخشب، ونفس الحالة أيضاً في العظم والعاج والجلد وألياف النسيج. يستقر الماء في كل الأنابيب الشعرية في العظم والعاج أو يتداخل بشكل وثيق في البناء النسيجي للجلد. هذه العملية تمنع بطريقة فيزيائية التشوهات التشكيلية للأنسجة النباتية أو الحيوانية، وهذا هو السبب في أن أغلب المواد العضوية يُعثر عليها في ظروف رطبة، أو على الأقل متميأة بشكل كافي لتشبع المواد بالماء الحر. يكشف التنقيب عن قطع يكون مظهرها سليماً ويعني هذا أن شكلها يكون واضح أما بناءها العميق فانه قد يكون متغيراً لحدٍ ما.القطع الخشبية أوالجلدية مثلاً تكون أسفنجية، وفي مرحلة متقدمة من التغيير نجد الأسطح متذرية. يمر الحفظ بالضرورة بطور جفاف وهذا يسمح للقطع باسترجاع التوازن الهيجرومتيري مع الوسط الجوي العادي، ولكن مع خروج الماء، فإن الأبنية الأكثر تغييراً يمكن لها أن تنهار وهذا يُترجم عن طريق حدوث تراجع وشقوق وتشوهات. يكون تدعيم المواد العضوية الرطبة أوالممتلئة بالماء في أغلب الأحوال لا غني عنه قبل أو أثناء التجفيف.

إن الهدف من هذه المعالجات هو إحلال المدعم تدريجياً مكان الماء، وهو لا يأخذ مكانها فحسب ولكن أيضاً وظيفتها كسند. اختيار المدعم يكون إذاً بدلالة الحاجة لتدعيم الأنسجة العضوية وبالتالي لدرجة التغيير بها. وهكذا فإنه إذا كان الخشب أو البناء الدقيق للقنوات الشعرية للعظم والعاج يتطلب تدعيم كلي للفراغات الخلوية الموجودة بها، فإن الجلد يتطلب تماسك بسيط ومرن لألياف الكولاجين مع بعضها البعض ويكون هذا نفس الحال مع الأنسجة.

إن حالة القطع الخشبية تكون غالباً هي الأكثر تعقيداً، ولكنها تكون الأبعد في إكتمال الأساليب التقنية لها. سنستعرض هنا فقط الأساليب التقنية الأكثر استخداماً في وقتنا الحاضر.

تكمن الصعوبة في عدم التجانس الخاص بالمادة، والذي يزيد منه وجود الغييرات المختلفة. الخشب، هو مادة ذات كثافة عالية وذلك بفعل أنسجته الخلوية، ولكنه يمتلك مسامية عالية؛ أو بعبارة أخرى تتعدد الأماكن الفارغة به ولكن الطرق المؤدية إليها تصبح صعبة بسبب القطر الدقيق للممرات الطبيعية. ويكون من الصعب عمل تشرب للأخشاب بغض النظر عن نوعها إلا إذا أصابها تدهور كافي يجعل بناءها منفذاً للماء. غالباً ما يكون التشبع فقط لمسافة من ٢ إلى ٣ سم من المحيط الدائري للخشب. كلما زاد تدهور القطعة كلما زادت فرصة نجاح التدعيم بها؛ وبنفس الشكل، كلما كانت القطعة رقيقة كلما كانت العملية ميسرة. في حين أن قطع الأخشاب الأثرية قد تصل أبعادها لقيم غير عادية (تكوينات معيشية، مراكب خشبية مكونة من قطعة واحدة من الخشب أو طوف، إلخ...، فيستلزم أن نطوع معالجات التدعيم لهذه القيود.

إن اختيار مدعم للأخشاب الرطبة أو المملوءة بالمياه تمليه معايير متعددة، وبالأخص قابليته للذوبان في الماء؛ في الواقع، أن تجاويف الخشب تكون مشبعة بالماء لذا يمكن للمحلول المائي للمدعم أن يتبادل مباشرةً مع الماء الموجود في الخلايا. علاوة على أنه، يكون من الممكن له القيام بعمليات تشرب على مقياس واسع وفي ظروف أمان لا تمنحها أية مذيبات أخرى. غير أنه يلزم العثور على بوليمر يتوافق مع مركبات الخشب بل وقادر على إقامة وصلات مع هذه المركبات مثل الحال مع الماء. البولي إيثيلين جليكول polyéthylèneglycols (PEG) هي عبارة عن جزيئات ضخمة نابعة من بلمرة الأوكس إيثيلين oxyéthylène، وهذا الجزيئ يشتمل على وظائف هيدروكسيل hydroxyles متعددة (OH-)، تجعل منه في نفس الوقت قابل للذوبان في الماء وإقامة وصلات هيدروجين مع الهيميسليلوز أو السليلوز.

فضلاً عن أن البحث عن مواد بديلة للـ PEG لتدعيم الأخشاب الممتلئة بالماء قد قادت بعض الباحثين لإستخدام السكريات مثل السكروز sucrose والسوربيتول sorbitol أو المانيتول mannitol (Grosso, 1981; Parrent, 1985).

عندما تكون الأخشاب مرتبطة مع معدن ما، فإن بقاءها الممتد في محلول مائي لا يكون مستحب وبالأحرى في وجود مؤكسد. ويمكن لنا أن نقوم بتشبعها بالراتنجات القابلة للذوبان في المذيبات مثل الكولوفان collophane أو الراتنج ستيرن بوليستر styrène-polyester المذاب في الأسيتون مثلاً.

في مرحلة أولى يتبادل الماء المحتوي داخل الخشب مع الأسيتون بحيث يتشبع الخشب بمذيب الراتنج الذي نضيفه بالتدريج بعد ذلك. في حالة الكحوليات فإن تركيز المحلول يكون في حدود ٦٧ ٪ (وزن/ وزن)، ويتم التشبع عند درجة حرارة ٥٢ درجة سلسيوز خلال مدة تتعدى قليلاً الشهر، وذلك على حسب مقاس القطعة (Mac Kerrell *et al.*, 1972). غير أن تسخين الأسيتون يشكل خطراً ما ويستلزم أواني مناسبة لهذا الغرض. تكون نفاذية المدعم عامةً جيدة جداً حتى بالنسبة للأخشاب ذات الكثافة العالية وبالأخص تلك غير المنفذة للماء، وتوضع القطع بعد ذلك لتجف بشكل حر.

يتم التشبع براتنج ستيرن بوليستر عند درجة حرارة الغرفة حتى لا يعود يبقى هناك أكثر من ١ ٪ من المذيب الحر في الحمام. تتعرض القطع بعد ذلك لأشعة جاما النابعة من مصدر مشع يحتوي على الكوبالت ٦٠ الذي يعمل كبادئ لبلمرة الراتنج. يكون هذا التفاعل طارد للحرارة exothermique ونحد من شدة الإشعاع عند 3 ميجاراد Mégarad لكي نحتفظ بدرجة حرارة أقل من ٦٠ درجة سلسيوز. يكون زمن فترة التشعيع من يومين إلى أربعة أيام (Tassigny, 1979; Ginier-Gillet *et al.*, 1984). هذه التقنية تكون لها ميزة تطهير القطعة بالكامل (وهذا لا يكون الحال عند التشبع بالـ PEG أو بالأحرى بالسكروز) لأن الإشعاع الذي يُبث لكي يعمل كبادئ للبلمرة يقتل كل الجراثيم العضوية. عندما تتصلد القطعة بفعل الراتنج فإنها تكون قد استقرت بشكل نهائي، ولا تتفاعل أبداً مع التغيرات المناخية المحيطة بها (Hiron, 1987). في فرنسا فإن A.R.C.-Nucléart هي وحدها التي طورت هذه التقنية التي تتطلب وجود مصدر مشع للكوبالت.

الجلود المُصنعة الأثرية الرطبة، سواء بدت متدهورة أو في حالة جيدة، يجب عليها أن تتعرض أيضاً لمعالجات محددة كي تصاحب تجفيفها. في أغلب الحالات، لا تكون المعالجات في حقيقة الأمر معالجات للتدعيم، ولكنها بالأحرى معالجات تهدف إلى تثبيت الألياف وهي على حالتها المنتفخة وتعمل على تجنب تقاربها في أثناء خروج الماء منها الذي يجلب لها إنكماشات وتشوهات. في خلال هذه المعاملات يتم إدخال مادة في الجلد تعمل على حفظ اليافها متباعدة وتمنحها درجة معينة من المرونة. هذه المادة المشُحِمة تحل محل الماء، ولذا يجب أن تكون قابلة للخلط مع الماء؛ نستخدم لذلك مستحلبات مختلفة مركبة أساساً من الأنولين، الزيوت الحيوانية، إلخ...، (Van Soest *et al.*, 1984)، أو الـ PEG ذوات وزن جزيئي منخفض (Van Dienst, 1985). يتشرب الجلد المُصنع في حمام لمدة عدة ساعات يمكن أن تستمر لبضعة أيام، ثم يجفف ببطأ بينما يستمر التشحيم بالدهان badigeonnage. في أثناء التجفيف فإنه يجب دائماً الاحتراس من تكاثر العفن الناتج عن ظروف رطوبة مواتية، وكذلك أيضاً إلتحاق (إلتصاق) المواد سهلة التدهور.

التجفيف في حالة التجمد lyophilisation الذي سنتعرض له عند استعراض تقنيات التجفيف يعطي من هذا المنظور حلاً حقيقياً لكونه يلغي الأطوار الرطبة.

يتعرض الجلد والعظم الرطبان أثناء التجفيف للتقشر أو التشقق. فيكون إذاً من الضروري قبل التجفيف تدعيمهما في العمق بشكل فعال. إن الراتنجات الأكليريكية في تشتت شبه غروي في الماء (Primal WS 24) أومستحلب (Bédacryl 277) تسمح بالتدعيم المباشر للقطع في الحمام، وذلك بدون مرحلة مسبقة لتجفيف الماء (Koob, 1984). إن إختيار راتنج أكريليكي يسمح بالمحاولة في وقت لاحق للتدعيم السطحي باستخدام راتنج من نفس العائلة في محلول في المذيبات غير المائية (Paraloïd B 72). غير أن التشتت شبه الغروي يكون له قدرة تدعيمية ضعيفة جداً. وحتى نحصل على أفضل نفاذية للراتنج فإننا نلجأ إلى التشرب تحت تفريغ هواء جزئي

ويجب علينا على الرغم من كل هذا أن نحذر دائماً من التشققات أو التشظي ويلزم أقصى حرص منا أثناء التجفيف.

إن أغلب الأنسجة الأثرية، حتى التي أصبحت ضعيفة جداً تستعيد بعض تماسكها في أثناء التجفيف. وهذا عن طريق التقارب بين أليافها. وفي حالة ما إذا كانت هذه الأنسجة حقاً ضعيفة جداً، ويعني هذا أنه حتى التجفيف لا يبدو وكأنه يعطيها التماسك اللازم، فإننا يمكن أن نشبعها باستيرات السليلوز مثل الهيدروكسيبروبيل سليلوز hydroxypropylcellulose (Klucel E، Klucel G)، وميتيل الهيدروكسيل إيثيل السليلوز méthylhydroxyéthyl-cellulose (Tylose)، وكربوكسميتيل السليلوز carboxyméthycellulose (CMC)، إلخ...عند تركيز ضعيف أو عن طريق النشا. يكون هذا الأخير رجوعي بشكل كبير إلا أنه يكون حساس للكائنات المِكروية، في حين يحفظ كل خصائصه عند تقادمه.

عندما نأتي بقطع من المواد العضوية الرطبة داخل مدرة، وبالأخص الأخشاب والخوص فإنه يجب التعويض عن الأرض التي كانت بمثابة الدعامة، بدعامة أخرى تسمح بالإستمرار في معالجات الحفظ.

يمكن أن نشكل دعامة مسبوكة وتكون فعالة في حالة ما إذا تم تركيبها بطريقة مناسبة. يتم تنظيف الجسم على وجهه الظاهر، ثم يغطى بغشاء من البلاستيك العازل للرطوبة، وبرقيقة من الألومنيوم العازلة للحرارة، وأخيراً بغطاء من رغاوي البوليريتان. وهو عبارة عن راتنج ذو مركبين ينتفخ أثناء البلمرة حتى يصبح حجمه ١٥ مرة من الحجم الأصلي ويصاحب ذلك طرد للحرارة (انظر الباب الثاني). حتى نتحكم في هذه الظواهر فإنه من الموصى به العمل بكميات صغيرة، أي نجاح للعملية يتلخص في إحتواء تمدد الراتنج بطريقة تُجنب معاكسة استخلاص المادة من القالب على ألا نسجن القطعة في القالب بحيث لا نستطيع استخلاصها منه. بالتدريج، يتم إزالة جزء من المدرة والكشف عن جوانب القطعة الموجودة بها، ونعمل على أن ترقيق سمكها حتى لا يسحق وزنها القطعة أثناء قلبها. وأخيراً وبعد قلب المدرة، فإننا نواصل تنظيفها من التربة وهي مطروحة حتى نخلص القطعة تماماً

ونضعها في مهد خاص بها من مادة البوليريتان. رغاوي البوليريتان تكون غالية الثمن نسبياً ويمكن أن نستعوض عنها بأربطة مغطاة بالجبس bandes plâtrées. ميزة هذه الدعمات الجديدة أنها تسمح مباشرةً باستكمال التجفيف البطيئ أو حمام الغمر وفي بعض الحالات عرض القطعة بشكل دائم (Hiron *et al.*, 1989).

التكيف مع الوسط الجوي: التجفيف

تجفيف المواد العضوية يعني نزع المياه الزائدة الموجودة في الأبنية عنها. في أغلب الحالات تكون تلك المواد قد جرى عليها تدعيم سابق للتجفيف، ولكن في أحيان أخرى عندما يكون البناء قليل التغيير فإننا نقوم مباشرة بالتجفيف المتحكم فيه.

الماء هو مذيب تكون جزيئاته شديدة القطبية. وقد ذكرنا أن هذه القطبية تقود الجزيئات إلى الارتباط فيما بينها بقوى كبيرة جداً، وهذا يجعل الماء قليل التطاير ويمنحه توتر سطحي عالي، هذه الصفة الأخيرة تترجم كالآتي: بفعل التبخر البسيط الذي هو عبارة عن تحول من طور سائل إلى طور بخار عن طريق تفكك الوصلات البين جزيئية، تنشأ قوى شد على هذا السطح الذي يحدث فيه ذلك التغير في الطور.

في المواد العضوية ذات البناء المسامي (خشب، عظم، عاج، قرن) تتكرر قوى الشد تلك على كل جزء من السطح الداخلي. وفوق ذلك، فإن رحيل الماء يتم بشكل تدريجي على حسب قطر الأنابيب الشعرية؛ فأصغر واحدة فيها تحد التبخر لأطول وقت ممكن. وهذا يجلب فروق في الضغط داخل البناء. فالشد والضغط الناتجين عن تبخر الماء يثيرا انهيارات في قلب البناء الخلوي. تلك الإنهيارات في مجموعها تكون هي المسئولة عن التراجعات والتشققات والتشظي.

عندما نعمل على تجفيف المواد العضوية ذات البناء الليفي (جلد حيوان، جلد مصنع، ألياف نسيج)، فإن رحيل الماء يؤدي إلى تقارب عشوائي

للألياف، ويشتد هذا التقارب كلما كانت هذه الألياف متغيرة؛ ينتج عن ذلك تشوهات أو حتى تهتكات.

إن حفظ القطع، وبالأخص في غياب التدعيم المسبق، سيعتمد إذاً على نوعية التجفيف. حتى نحد من الإجهادات التي تتعرض لها القطع على مر فترة تبخر الماء فإننا نقترح حلولاً مختلفة.

أولها يتضمن الحد من تأثيرات الشد عن طريق توزيعها زمنياً. وهكذا يمكن لسطح المادة إمتصاص الشد المعرض له بالتدريج والتخلص منه، وبالمثل يتم معاملة ظواهر الانضغاط. تتباطأ سرعة التجفيف بفعل الحد من سرعة تبخر الماء وذلك بالتحكم في الرطوبة النسبية التي تُخفض بالتدريج ٥ ٪ كل مرة.

عندما توضع القطعة في وعاء مغلق، الذي يفضل كونه صغير الأبعاد، فإن الوسط يتشبع سريعاً بالرطوبة ويتبع ذلك تباطؤاً في التبادل بين السائل والوسط الكائن في صورة بخار. إن ارتفاع درجة الحرارة عن طريق إثارة إضطراب جزيئي، يهيئ الظروف لتحول الماء من الحالة السائلة إلى حالة البخار. عندما تنخفض درجة الحرارة فإننا نُبطئ من التغير في الطور الفيزيائي للماء.

يجب تجنب الأوعية المحكمة الغلق تماماً. لأن القطع لا تجف فيها، فإذا لم يتمكن بخار الماء من الهرب منها تماماً، فإنه يُشَبع الوسط الكائن داخل الوعاء، ويتكثف إلى الحالة السائلة... ليتساقط على القطعة؛ من الممكن إذاً وضع جسم ماص للماء في الوعاء ليمتص الأبخرة أولاً بأول. جل السيلكا gel de silice يمكن أن يلعب هذا الدور، ولا سيما أننا يمكن أن نستغل خصائصه الماصة للماء وأن نجعله يتشبع عند درجات مختلفة (انظر الباب العاشر). بالنسبة للأوعية المغلقة وعند درجات حرارة أعلى من ٢٠ درجة سلسيوز فإنه يجري بها أيضاً تشبع سريع جداً لبخار الماء إلى جانب حدوث مشاكل تكثيف. إن درجة الحرارة المنخفضة جداً (أقل من ٥ درجات سلسيوز) بدون وعاء لا تحد من سرعة التبخر.

عملياً، توضع القطع في علب من البلاستيك صغيرة الأبعاد، مغطاة بغشاء من البلاستيك القابل للشد والذي وإن كان تبادله محدود مع الوسط الخارجي إلا أنه جائز. يوضع الكل في غرفة رطبة ويحجب عنها الضوء (بسبب الأكسدة الضوئية photo-oxydation).

تعطي هذه الطريقة نتائج مُرضية مع العظم والعاج أو النسيج، ولكن بالنسبة للخشب والجلد المُصنع فإنهما يكونا غالباً شديدا التدهور حتى أنهما لا يتحملان مثل هذا التجفيف بدون إجراء تدعيم لهما.

تُستعمل هذه الطريقة لتجفيف الأنسجة الأثرية. فبعد تنظيفها يتم وضعها على ورقة من الميلار Mylar، ونقوم عليها بإعادة وضع الخيوط في إتجاهها الصحيح. بعد الإنتهاء من هذه العملية، يُبسط الميلار على دعامة مسطحة؛ يغطى النسيج بورق نشاف أبيض، يتم تجديده باستمرار بينما تقوم شريحة من الزجاج بعمل ضغط خفيف على الكل.

العيب الأساسي لهذه الطريقة من التجفيف هوالمدة التي تستغرقها والتي أثناءها تظل القطعة رطبة لعدة أيام في ظروف أكسوجينية ملائمة لتكاثر الكائنات المِكروية. نحد من هذا الخطر بالتطهير المسبق للقطعة، ولكن لا نمنعه تماماً ولهذا يكون من الضروري إجراء مراقبة يومية.

حل آخر يتضمن استبدال الماء بمذيبات أخرى أكثر تطايرا، تكون فيها الروابط البين جزيئية أقل قوة وبالتالي تخلق إجهادات أقل على الأسطح أثناء تحول الطور الفيزيائي. تكون المذيبات المختارة من عائلة الكحوليات (OH –) أو الستونات (O =). في كلتا الحالتين، فهما يعتبرا أجسام ذوات جزيئات قطبية وبالتالي قابلة للإمتزاج بالماء. استخدام المذيبات القطبية يمكن أن يتسبب في دفع عنيف للماء في الأنابيب الشعرية؛ لذا يجب إجراء تبادل تدريجي. تغمر القطعة في محلول مائي للمذيب المختار، يزاد التركيز به تدريجياً بدرجات تساوي 20 ٪ في المرة الواحدة، وفي النهاية تغمر في حمامين بتركيز 100 ٪. بعد ذلك يتم وضع القطعة لتجف ببطأ، كما تم مسبقاً، إن سرعة تبخر الكحول أو الأسيتون تكون صراحةً أكبر بكثير. نستطيع أن نعتبر القطعة قد جفت عندما لا نتبين أية رائحة للمذيب.

مرة أخرى، فإن هذه الطريقة لا تصلح إلا لمواد تكون قد عانت من تغيير بسيط. تلك المواد التي يكون بناؤها قد أصابه الضعف من الناحية الميكانيكية تكون دائماً قابلة للتشقق أو التشظي. عيب هذه التقنية أن المذيبات يمكن أن تنزع بعض العناصر الكيميائية من المواد، مثل مواد الدباغة أو الدهان من الجلد، ومواد الصباغة من النسيج أو الخضاب في النقوش على العظم والعاج. هذا الشكل من عدم التميؤ يمكن أن يبدو مغالى فيه بالنسبة للخشب والجلد أو النسيج، الذين يجدوا أنفسهم مغسولين، ولكنه يأتي بحل فعلي بشكل ما للقطع قليل الرطوبة (Hilman, Florian, 1985). بالنسبة للعظم والعاج تكون النتائج عامةً مرضية جداً.

إعادة الشكل وإعادة التركيب

بعد إجراء معالجات الحفظ، فإن شكل وخصائص الأخشاب تكون قد تبدلت. الأخشاب التي لم تتعرض لأية معالجات خاصة، من حيث أنها كانت جافة وصلبة بما فيه الكفاية، يكون لها خصائص فيزيوكيميائية قريبة من المادة الأصلية. غير أن مثل هذه القطع لم تصل إلينا بهذه الحالة إلا بسبب نزع للماء كامل وسريع من بناءها. وهذا يجعل الخشب صلباً ولكن يكون ذو مقاومة ضعيفة للإلتواء. غالباً، ما يبدو عليه تشوهات وتشققات. تبقى محاولات إعادة التميؤ للرجوع عن تلك التشوهات والتشققات بدون جدوى. يجب علينا التأثير بضغوط قد تصل إلى مئات الكيلوجرامات عند درجة حرارة عالية حتى نتمكن من تطويع المادة من جديد.

عندما يكون الجلد المُصنع مكشوف وجاف يكون عملياً دائماً مُتشوه. يحدث مع خروج الماء المصحوب غالباً بتدهور للمواد الدهنية الداخلية لجلد الحيوان أوالجلد المُصنع، أن الألياف تتقارب عشوائياً ويؤدي هذا إلى الانكماش وتتشوه القطع. هذه الظاهرة تكون صعبة الرجوعية بسبب الروابط التي تربط حينئذ الألياف فيما بينها. مع ذلك تم عمل محاولات مختلفة لإعادة التميؤ عن طريق محاليل كحول/ماء، أو مذيبات مثل التريكلور والتريكلوروإيتان

trichloroéthane 1.1.1، حتى نخترق أبنية الجلد التي أصبحت غير مُنفذة للسوائل. على حسب درجة تغيير الجلد، تلاقي هذه العملية لحد ما نجاحاً، ولكنه نادراً ما يكون من الممكن خفض التشوهات بنسبة مائة في المائة، على الأقل بدون المخاطرة بحدوث تمزق للجلد. حتى نعيد إعطاء الجلد بعض من مرونته ونزيد بذلك إمكانيات إعادة الشكل الأصلي، فإننا ندُخل بالمشحمات في هذا الجلد. يمكن أن نذكر الوصفات المختلفة للمستحلبات أو الكريمات المكونة أساساً من اللانولين أوشمع العسل، إلخ...، لإعادة مرونة الجلد (Van Soest *et al.*, 1984; Van Dienst, 1985). من الممكن استخدام بدلاً من هذه المشحمات الـ PEG 600 في محلول بتركيز ٢٥ ٪ سواء في الماء، أوفي التريكلوروإيتان trichloroéthane 1.1.1 الذي نقوم بتشبعه في الجلود التي أعيد تميؤها اصطناعياً (Spriggs, 1988). في هذه العملية، نقترب من صفات الجلود التي تم معاملتها بالـ PEG ثم بإجراء التجفيف في حالة التجمد lyophilisation؛ تكتسب تلك الجلود مظهراً سطحياً جميلاً وبعض المرونة. يمكن أن نحسن من هذا المظهر وذلك بوضع القطعة في إناء مغلق رطوبته النسبية ١٠٠ ٪. يمتص الجلد أو بالأحرى الـ PEG هذه الرطوبة وبهذا الشكل بعد رجوع ليونته إليه، يمكن إذاً تشغيل الجلد وإعادته إلى شكله. تتعرض قطع الجلد بعد ذلك لتجفيف بطيئ ولكن عندما تتعدى الرطوبة النسبية ٥٥ ٪ فإن الجلد يصبح جافا وقابلا للكسر من جديد.

كثيراً ما تتواجد القطع الأثرية الجلدية في حالة من التجزؤ؛ فخيوط الحياكة تكون قد بليت سريعاً. يتم الكشف عن قطعة كاملة على شكل تراكيب (پازيل). في حالة ما إذا كان التنظيف قد تم بعناية، فعلى الأجزاء نتبين ثقوب الحياكة في حالة سليمة أو ممزقة وكذلك علامات الخيوط. يكون الفحص الدقيق لهذه العلامات ثميناً جداً، لأنه مع بعض المعرفة التاريخية بأشغال الجلد وبدءاً من أجزاء غالباً غير ذات معنى، يكون من الممكن تجميع مُخطط (باترون) للقطعة أو على الأقل ربط العناصر المختلفة لمجموعة أعمال collection معاً (Goubitz, 1984). على الأجزاء الصغيرة، يكون التشوه والبري لثقوب الحياكة الناتج علي حسب الشد المبذول من الخيوط على الجلد، دليل

لنا على إتجاه عبور هذه الخيوط ويهيأ لنا المعرفة بالأساليب التقنية القديمة في الحياكة والتطلع لإعادة تركيب الأجزاء معاً (Montembault, 1987).

قبل أن نقوم عملياً بإعادة التركيب فهناك أمران مُلزمان: يجب أن تكون للثقوب مقاومة كافية لتحمل الشد بخيط جديد، ويجب بالأخص إن تكون القطعة بأكملها محفوظة بشكل كافي حتى نتمكن من التعامل معها وإخضاعها للشد أثناء الحياكة وإعادة الشكل. في الحالة العكسية، فإنه يمكن القيام بتبطين المناطق الأكثر هشاشة أوسد ثقب ما.

العظم والعاج اللذان نجدهما بحالة جافة يمكن أن يظهر عليهما تشققات ويكون أحياناً من الممكن التقليل من هذه التشققات باعتدال بفضل خاصية إمتصاص الماء التي يتمع بها العظم والعاج. يتم وضع القطع في أواني محكمة الغلق في رطوبة نسبية تساوي ١٠٠ ٪. تُمتص الرطوبة في المادة التي تنتفخ وتبعاً لذلك تلتئم التشققات قليلاً. والصعوبة هنا هي في الرجوع إلى معدل رطوبة نسبية طبيعية (من ٥٥ إلى ٦٠٪) بدون حدوث تراجعات من جديد.

اللصق

اللواصق الموجودة بالأسواق تكون كثيرة جداً والمجال لا يسمح هنا بالتناول التفصيلي لكل واحدة منها (انظر تذكرات أرقام ٦ ، ٧ ، ٨).
في حين يمكن لنا تصنيفهم إلى ثلاثة مجموعات، تقابلهم ثلاث طرق للشك: خروج المذيب، تفاعل كيميائي، تأثير حراري (Adhesives and Coatings, 1983).

المجموعة الأولى: تجمع جميع الراتنجات التي تُحمّل عن طريق مذيب ما ويعمل خروج المذيب منها على إقامة روابط بين جزيئية داخلية ومع طبقة الترسيب. في أغلب الحالات تكون هذه الروابط انعكاسية على الأمد البعيد. تكون تشكيلة الخواص الفيزيائية لهذه اللواصق واسعة جداً. تغير قدرتها على الاختراق وسمك الوصلات الناتجة يكون على حسب كل من

مقاس الجزيئات المكونة للراتنج، وتركيزها في المذيب الذي يُعطي محاليل لزجة لحد ما، وكذلك التوتر السطحي للمذيب. العيب الرئيسي لهذه اللواصق هو ظهور تراجعات متتابعة عند خروج المذيب مع تصلد الغشاء (الفيلم) الذي يصبح قابلاً للكسر عند تقادمه.

من ضمن هذه اللواصق، نجد مثلاً كل المشتقات السليولوزية (أستات، إيثيل، ميثيل، إلخ...) والمشتقات الفينيلية (أسيتات البولي فينيل acétate de PV، بوتيرات البولي فينيل butyrate de PV، إلخ...) والمشتقات الأكريليكية (إيثيل ميتا كريلات éthylmétacrylate، ميثيل ميتا كريلات méthylméta-crylate، إلخ...).

المجموعة الثانية: اللواصق التي تشك عن طريق تفاعل كيميائي هي بوليمارات تُكون بالبلمرة بناء ثلاثي الأبعاد غير قابل للذوبان. وهي راتنجات مكونة من حامل monomère ومصلد durcisseur (الإيبوكسي époxy) وعامل وسيط (حفّاز) catalyseur (بوليستر polyester)؛ تبدأ البلمرة بخلط المكونات. تكون هذه البلمرة سريعة لحدٍ ما. كما في أغلب التفاعلات الكيميائية، فإن الحرارة تُسّرع من العملية، من ناحية أخرى فإن التفاعلات غالباً ما تكون هي نفسها طاردة للحرارة exothermique ويمكن لها أن ترفع موضعياً من درجة حرارة طبقة الترسيب، وهذا لا يكون أبداً ملائم للمواد العضوية بشكل كبير.

المجموعة الثالثة والأخيرة: تتضمن الأجسام المُسيّلة liquéfiés تحت تأثير الحرارة والتي تكتسب قدرتها اللاصقة عن طريق التبريد، الذي يرجعها إلى الحالة الصلبة. وهذا هو حال كثير من الراتنجات الطبيعية مثل كولوفان collophane وشمع العسل cires d'abeilles، إلخ...، ويضاف إليها المواد الناتجة من الصناعة الكيماوية: شمع مِكروي البلورة cire microcristalline، بولي إيثيلين جليكول polyéthylèneglycol، وكذلك المركبات المكونة من العديد من البوليمرات (مثل beva الذي يحتوي على اثنين من البوليمرات المشتركة الأكليريكية copolymères acryliques وراتنج سيكلوهيكزانون cyclohexanone)، الذين يكتسبون قدرتهم اللاصقة بعد الخلط الذي يتم بالإندماج.

يمكن أن تنكسر القطع الخشبية إلى أجزاء متعددة ويكون أحياناً من الصعب العثور على رابط يجمعهم عندما يتسبب الجفاف في إحداث تشوهات لهم، وتكون هذه التشوهات بدلالة إتجاه الخشب. فمثلاً، قطعة تم خرطها (مثل القصعة écuelles) تبدو فيها شظايا لا يكون لها نفس محاور التشكيل وذلك على حسب موضعها بالنسبة لقلب الخشب الذي تم تشغيله. في حين أنه، عندما تُظهر الروابط نقطة تواصل جيدة، يمكن لنا إذاً أن نلصق الأجزاء الجافة أو التي تمت معالجتها بإستخدام بعض الراتنجات (كولوفان Collophane، ستيرن بوليستر styrène-polyester أوالبوليمرات المشتركة الأكريليكية copolymères acryliques) وذلك باستخدام لواصق من الدرجة الأولى، وبالأخص اللواصق الفينيلية التي تكون على شكل أستات البولي فينيل acétate PV في مستحلب مائي (Vinamul 6815، VR 2000) أوفي محلول (Mowilith 3573). تكون لهذه اللواصق مرونة جيدة ولكنها تُظهر تراجعات بسيطة.

الأخشاب التي تم تجفيفها في حالة التجمد lyophilisés تكون قد تعرضت لنزعٍ قاسي جداً للماء، وهذا يكسبها سطح شديد المسامية. وتكون شرهة جداً للماء ويستبعد استخدام لاصق في مستحلب مائي لخطر تكون بقع داكنة auréoles حول الوصلات، في المناطق التي يمتص الخشب فيها الرطوبة التي يأتي بها اللاصق.

يكون أحياناً من الضروري تخفيض نفاذية الخشب عن طريق غشاء رقيق (فيلم) من البرالويد Paraloïd B 72 ضعيف التركيز الذي يُنشر على طبقات متعددة (Hiron, 1987). يتم اللصق بعد ذلك باستخدام لواصق مثل أستات البولي فينيل acétates de polyvinyle في أستات الإيثيل acétate d'éthyle (Mowilith 3573).

القطع التي دعمت بال PEG بالتشرب فقط، تُظهر دائماً زيادة في ال PEG على السطح مما يجعل اللواصق لا تثبت عليها إطلاقاً أو بصعوبة. يجب إذاً تنظيف سطح القطعة باستخدام مذيب للـ PEG، يُستبعد الماء لأنه سيُمتص عن طريق الـ PEG الملاصق وسيساهم في عدم الجفاف الكلي للقطعة. ويكون استبعاد الماء لصالح الكحوليات أو المنظفات العطرية

القطبية. بعد التنظيف الصحيح للوصلات، تكون اللواصق السابق ذكرها قابلة للاستعمال ولكن مع هذا يبقى ارتباط الأجزاء ضعيف، بالنسبة للأجزاء الخفيفة جداً (أسنان المشط مثلاً)، فإنه يكون من الممكن لصقها بإستخدام الـ PEG. ولذا فإنه يكفي إذابة بعض الـ PEG 4000 بحرارة شعلة لإستعماله كلاصق. وهذا تمرين صعب ولكنه يعطي نتائج جيدة بالنسبة للمظهر.
عندما تكون الوصلات غير محددة جيداً، أو تكون القطعة المراد تجميعها ثقيلة جداً، لا تمنح هذه اللواصق دائماً قوة تجميع كافية. ونلجأ إذاً إلى لواصق من المجموعة الثانية وبالأخص من نوع الإيبوكسي. الغشاء الرقيق (الفيلم) الناتج عنهم يكون صلباً، ولكن هذه الخاصية يمكن أن تتغير بإضافة مُلدن plastifiant. للاستفادة من رابط أكثر سمكاً يكون في استطاعته محو التشوهات الخفيفة فإننا نضيف السيلكا شبه الغروية silice colloïdale إلى اللواصق حتى نحصل على التماسك المطلوب (Byrne, 1984).
عند الإقتضاء فإننا نقوي الوصلات بوتد من الخشب يستخدم لجمع قطعتين goujonnages, ولكن هذه التقنية تعمل في إتجاه معاكس لحرصنا على الأخذ بمبدأي التدخل الأدنى وتكامل القطعة.

بعض التمزقات في القطعة الجلدية، في حالة ما إذا كانت واضحة، يمكن أن تُلصق «طرف على طرف» بواسطة مزيج من الراتنجات الفينيلية وهيدروكسي بروبيل سليلوز hydroxypropylcellulose (Klucel G) في الكحول (Morrison, 1988).

إن لصق القطع المصنوعة من العظم والعاج يتم بإستخدام لواصق من الفئة الأولى وبالأخص اللاصق الفينيلي. في حين أنه في هذه الفئة تكون اللواصق مستحلبة في الماء وهذا الجلب للرطوبة في المادة يجب التحكم فيه بشكل حتمي. تم عمل محاولات للصق العظم والعاج التام الجفاف باستخدام بوليمرات مشتركة أكريليكية برالويد B72 في الأسيتون. إن استعمالها يكون سهل جداً وتام الرجوعية. في المقابل فإن الوصلة تكون قابلة للكسر، قليلة المرونة وتبقى هشة جداً، اللواصق الأخرى مثل أستات أو بوتيرال البولي فينيل butyral de polyvinyle (Butvar B98) أو نترات السليلوز (HMG) يعطون نتائج جيدة.

ملء النواقص

في إطار المجموعات الأثرية فإن ملء النواقص لا يتم إلا في الحالات القصوى عندما يكون هذا ضروري، إما لفهم القطعة أو لتحقيق تماسكها، على الرغم من أن هذه الأغراض يمكن أن تتم بوسائل تدعيم ميكانيكي لعمل قاعدة.

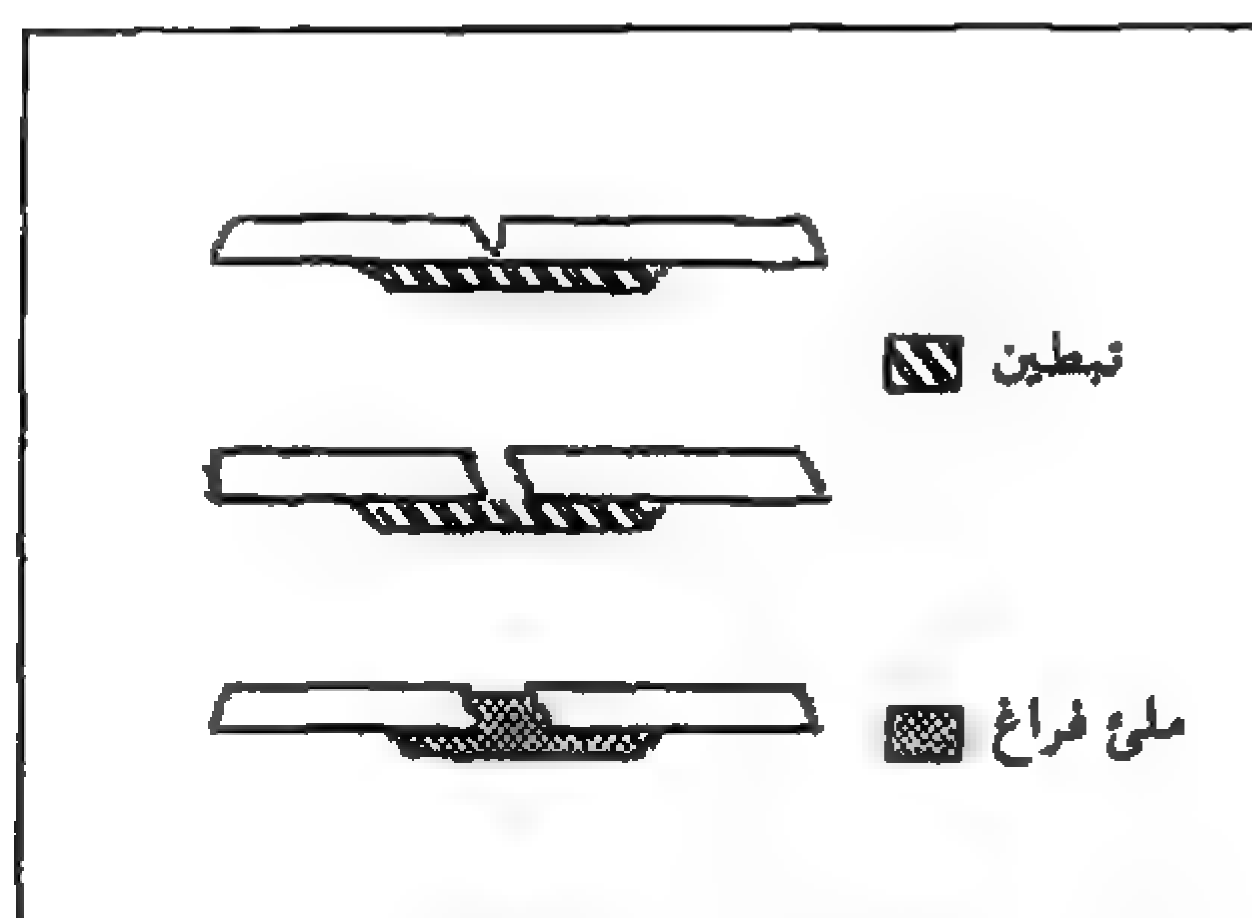
الخشب والعظم والعاج التي تبدو عليهم تشققات يمكن أن تؤدي إلى تعرض كمال القطعة للخطر، يمكن أن يستلزم إجراء ملئ للنواقص بهم، وهذا يتم بالنسبة للخشب عن طريق عجينة الخشب المركبة أساساً من الراتنجات السليولوزية المحملة ببودرة الخشب، وبخليط من شمع العسل والراتنجات بالنسبة للعظم والعاج (Jensen, 1987, p. 195).

التبطين

الحالة الخاصة لإعادة تركيب سلال بها وصلات دقيقة جداً، نادراً ما يتم التعامل معها عن طريق إجراء لصق، بالنظر لكبر أبعاد القطعة. ويكون من الممكن إذاً الأخذ بشكل من أشكال التبطين doublage الذي يسمح بشد شامل للقطعة، التي يمكن بعد ذلك تدعيمها عند الضرورة. يكون هذا الحامل مكون من بوليستر غير منسوج ومستقر تماماً من الناحية الكيميائية ومقترن تماماً بشكل السلة من دون أن يكسبها صلابة ما. وإذا تحتم وجود مثل هذه الصلابة، فيتم الحصول عليها عن طريق مادة تبطين ثانية لتلبي في نفس الوقت الاشتراطات الميكانيكية التي نبحث عنها واشتراطات العرض والتخزين التي نختارها (Hiron *et al.*, 1989).

عند اختيار مواد تبطين للقطع الجلدية سيتم البحث عن مواد ذات طبيعة وخواص مشابهة. ومن الطبيعي جداً اللجوء إلى قطع جلد جديدة تم ترقيقها و«تزيينها» وصباغتها (شكل ٩). غير أننا نتجه في الوقت الحاضر إلى المواد التخليقية البديلة مثل البوليسترات غير المنسوجة أو خليط من ألياف

الفسكوز والنيلون التي تكون أسهل في الصباغة من الجلود الطبيعية. تثبت هذه الأجزاء بواسطة لواصق مثل البولي أكريلات polyacrylates في أستات الإثيل acétate d'éthyle (Pliantex) وحديثاً مع خليط من المشتقات السليولوزية واللدائن الأكريليكية أو الفينيلية (Peacock, 1983; Morrison, 1988).



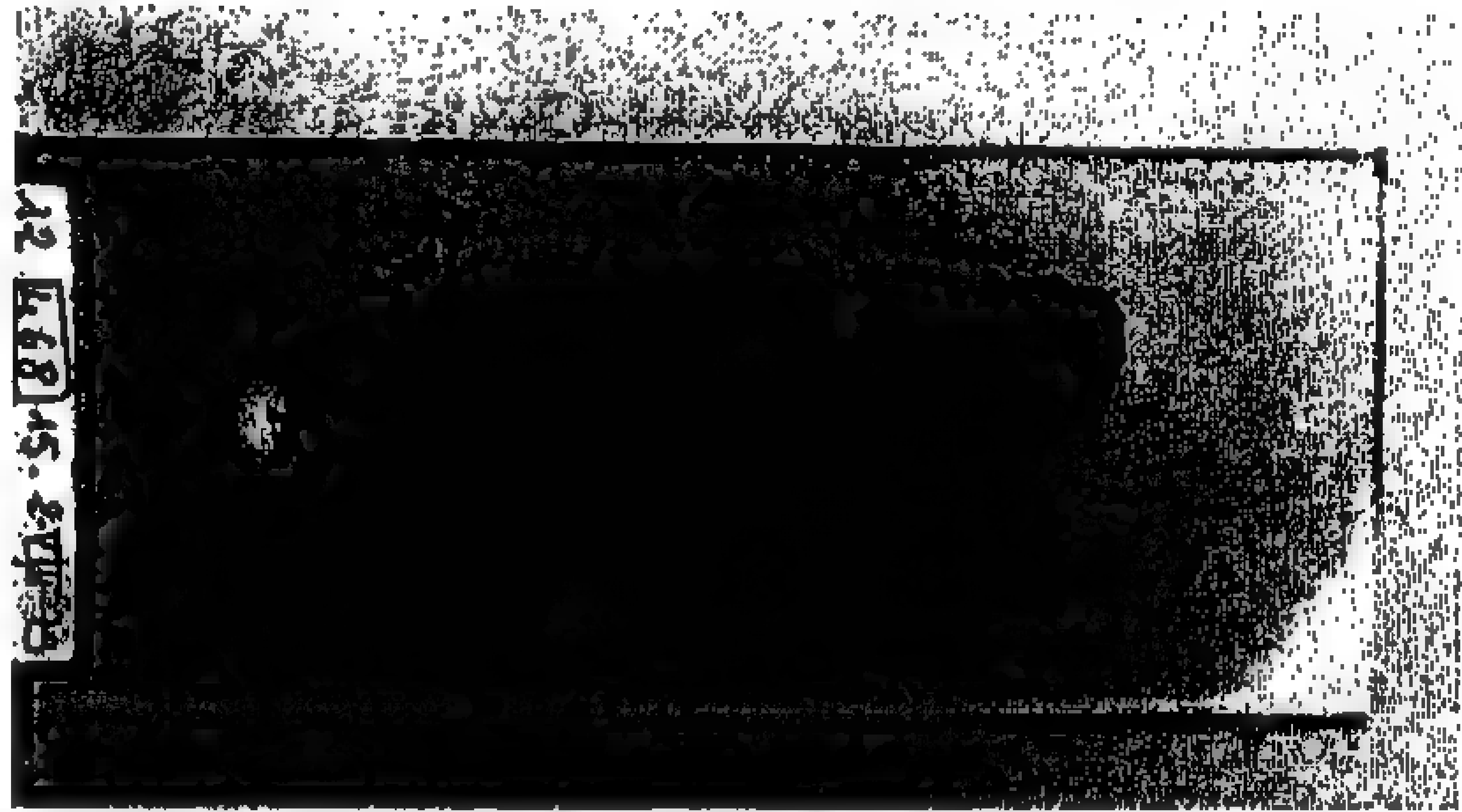
شكل ٩. تدعيم الجلود.

تكون قطع النسيج الأثري غالباً على شكل رقيعات (رقع صغيرة) شديدة الهشاشة. التقنيات التقليدية المستخدمة للمجموعات التاريخية والتي تتضمن تبطين القطع تكون غير مناسبة للرقيعات الأثرية.

إلى جانب ذلك فإن الرقع تكون منفصلة عن بعضها البعض وبدلاً من أن نعمل على الحياكة أواللصق على حامل، الذي قد يعرض الرقع لتمزق أو تدهور أكثر، فإنه يمكن الأخذ بنظام جيد للتخزين، يكون هدفه المحافظة على العينة من الناحية الميكانيكية ويسمح أيضاً بدراستها من الناحية التقنية بدون التعامل معها مباشرةً بالأيدي. يكون نظام التخزين بوضع الرقع بين ورقتي ميلار Mylar اللتان تكونان نفسهما موضوعتين في إطار محيط من الكرتون غير الحامضي، الذي تم وضعه حول الشكل الحدودي (الكونتور). تسمح شفافية الميلار بمراقبة الرقعة من الأمام ومن الخلف بدون الإمساك بها بالأيدي. العيب الرئيسي لهذه التقنية هو الكهرباء الإستاتيكية

الناتجة عن الميلار، يسهل من عملية التخزين إجراء توحيد قياسي للأبعاد الخارجية للإطارات المحيطة. عندما يستوجب علينا عرض رقع مختلفة مرتبطة بعضها البعض فإنه من اللازم علينا قص العدد اللازم من النوافذ المقابل لعدد القطع وذلك في قطعة من الكرتون غير الحامضي (Morrison, 1987; Peacok, 1987).

تطرح قطع النسيج المتمعدنة مشاكل إضافية بالنسبة للتخزين ناتجة عن التشوهات بها. لتسهيل الإمساك بها نثبتها بواسطة نقطة لصق سليلوزي على شريحة زجاجية، ثم تخزن أفقياً في علب مسطحة. وعندما تكسر عينة يتم لصق أجزائها بواسطة لاصق سليلوزي (صورة ٥).



صورة ٥. تخزين النسيج المتمعدن (12.468.15) القرن الحادي عشر أو الثالث عشر. بلدية سان دونيه، الوحدة الأثرية، صورة لـ S. de La Baume).

الأعمال التهذيبية

تكون معالجات التهذيب finitions موجهة لتحسين حماية ومظهر القطع. يمكن للأخشاب أن تتلقى طلاءاً لامعاً خفيفاً مكون أساساً من الراتنجات الأكليريكية ضعيفة التركيز (برالويد B 72 بتركيز ٥ ٪)، أو تُلمع بشمع طبيعي (شمع العسل)، أو إصطناعي (PEG).

يمكن للجلود أيضاً أن تُلمع بكريمات مركبة من اللانولين، شمع العسل، إلخ...، تبعا لصياغة المتحف البريطاني مثلاً.

بعد التنظيف والتجفيف التدريجي يبقى العظم وبالمثل العاج محتفظا بخاصيتهما كقطع هشة جداً. يجب أن نوفر رعاية ثابتة للأوساط الخارجية

الكائنان بها، لأنه من بين جميع المواد العضوية فإنهما يظلا الأكثر حساسية للتغيرات في الرطوبة النسبية. يجب إذاً أن نوفر لهم وسط به مادة ماصة بواسطة چل السيلكا مثلاً، هذا النوع من التهيئة مشروح في الباب العاشر.

حتى نعمل على استقرار الصفات المسترطبة لهذه المواد تم القيام بتجارب تكسية revêtement على العاج. تلعب التكسية إذاً دور الحائل الفيزيائي بين المادة والوسط الخارجي. وقد تم التوصل لنتائج مهمة جداً بإستخدام كلوريدات البولي فينيلدين chlorure de polyvinylidène (latex). ولكن هذا الراتنج يكون حساس للأكسدة الضوئية ويصيبه الإصفرار سريعاً، في حين أن قدرته العازلة تكون أفضل بالمقارنة بالشمع التخليقي الذي تم تجربته ومنه الـ PEG (Lafontaine, Wood, 1982).

الخاتمة

الظواهر الأساسية للتدهور والحفظ للمواد العضوية التي فُصلت في هذا الباب، على الرغم من كونها محدودة إلا أنها يجب أن تسمح للآثاري والمسئول عن المجموعات الأثرية بالتقرب بشكل أفضل من هذا النوع من المواد منذ بداية الكشف عنها وهي مرحلة حرجة ستحدد مصير تلك القطع.

وبالطبع، يكون من التبسط في الأمور أن نعتبر أن حفظ مجموعة المواد العضوية لا يكون إلا على ضوء تلك الأمثلة المختارة فقط. غير أننا نأمل أنه بواسطة هذه النماذج النوعية، قد يكون في الإمكان تناول أية مواد أخرى عن طريق التناظر مثل: تكوينات فيزيائية مشابهة أوتغييرات مماثلة في الأبنية الكيميائية، إلخ... كذلك فإنه بمعرفة بعض التقنيات وخصائص بعض المنتجات التي تم إستعراضها في هذا الباب يمكن لنا التطلع لتدعيم أوتثبيت مواد عضوية أخرى معقدة مثل: قرن الحيوان، القشور، الصدف، العنبر.

من ضمن مشاكل الحفظ التي يطرحها المتاع الأثري، فإن البعض منها يكون غير محلول بالمرة، مثل ما نصادفه في المواد المركبة التي تتضمن مواد عضوية (خشب، جلد، إلخ...) أو معادن (حديد، نحاس، فضة، إلخ...). في الواقع، تتطلب هذه القطع طرق معالجة خاصة لكل مادة على حدة لصعوبة التوافق فيما بينها، زائد على ذلك أن مقتضيات الحفظ طويل الأمد لكل مادة تكون عامةً متضادة.

أخيراً، فإننا يجب أن نعي أن كل قطعة تمثل حالة خاصة ويجب أن نطوع لها التقنيات المعروفة أو أن نجرب طرق جديدة، فالحفظ الأثري هو منهاج دائم الحركة، وفي أحيان كثيرة فإنه لمواجهة العجلة التي تفرضها علينا حالة القطع، يتم للأسف إهمال الأبحاث الأساسية اللازمة لتقدم الأساليب التقنية لصالح إعمال الخبرة باتباع الطرق المُجرَبة.

الباب السابع

فسيفساء الأرضيات

إيڤلين شانتريو-ڤيكار

ترتبط فسيفساء (موزاييك) الأرضيات (الرصف، التبليط) mosaïques de pavement بالعمارة من حيث كونها تُستعمل لتكسية (رصف) الأرضيات. وهي تمتاز بالمقاومة الناتجة عن وضعها الأفقي، وهذا يجعلها أقل عرضة للخطر من الشواهد المنتصبة بواسطة الركائز الرأسية، علاوة على ما تمنحه لها طبيعة المواد المكونة منها ذات الأساس المعدني.

فسيفساء الأرضيات كانت إلى وقت قريب نادراً ما تدوم لفترات طويلة: فالبعض منها كان يُترك في مكانه عرضة للتقلبات الجوية والتدهور المتسبب فيه البشر، وكان سريعاً ما تعمها الأعشاب ويؤول بها الحال إلى التدمير السريع. البعض الآخر كان يتم رفعه وترميمه، ولكن العدد المحدود والحالة التي وصلت بها إلينا تفصح عن القصور التقني إلى جانب الإعتماد على الأسس التجريبية لحفظها. وكانت المستندات المحتوية على الزخارف هي الوحيدة التي يُقدر بكونها جديرة بالإهتمام، فتلك المنقوش عليها هيئات بشرية أو حيوانية كانت عامةً هي التي تؤخذ في الإعتبار؛ وكان الفقد في المادة الذي تعرضت له عند اقتطاعها من النطاق الأثري وعلى مدار العمليات المختلفة التالية لهذا الرفع، يُعوض عن طريق ترميمات مغالى فيها، تلك الترميمات كانت فضلاً عن ذلك ترمي إلى محو التدهور المتمثل في البلاط عند إكتشافه. وهكذا فالفسيفساء بشكلها المبتور والمعاد صياغته غالباً ما كانت تتحول إلى

لوحة معلقة في متحف، بدون أية إشارة إلى محيطها الأثري الأصلي أو الوظيفة الخدمية التي كانت تقوم بها.

وكما تشهد بذلك الاجتماعات الدولية التي نُظمت في السنوات الأخيرة عن طريق اللجنة الدولية لحفظ الموزاييك التابعة لـ ICCROM (Mosaïque, 1977; 1981; 1985; 1987)، فإن هذه المادة الأثرية تُعامل منذ هذا الوقت بإحتياط مزدوج: بهدف الإنقاذ المادي للمستندات المهددة وما تحمله تلك المستندات من معلومات أثرية، حتى يتاح الإستفادة العلمية منها والعمل على إيصالها إلى الجمهور.

فحفظ بلاط ما يعني عامةً إبعاده بالرفع dépose عن التعرض للتدمير الفوري، عند الكشف عنه في نطاق حفريات بغرض إنقاذه، أو إقصائه عن عوامل التدهور التي قد يتعرض لها عند تركه. يتضمن حفظ البلاط بعد الرفع على تعويض الحامل الأصلي الذي دُمر بشكل جزئي عند انتزاعه من البنية التي كان يكسوها، وأيضا على استعراض عناصر السطح الخاصة بذلك البلاط، بعد إجراء معالجة بغرض تحقيق الاستقرار وتيسير توضيح فهمنا له. هذه العمليات المختلفة ستُعرض هنا مدعمة بأمثلة لحالات محددة تكشف عن الأوجه التقنية، والعلاقات الضمنية بين النواحي الأثرية والمُتحفية muséographiques مع ما تثيره من علامات إستفهام.

(سيجد القارئ مراجع بحثية (بيبليوجرافية) للمجالات التي أُحصيت من قِبل الإتحاد الدولي للموزاييك العتيق Association Internationale pour l'étude de la mosaïque antique: وهذا في إصداراته Bulletins de l'A.I.E.M.A، 1968 وما بعدها).

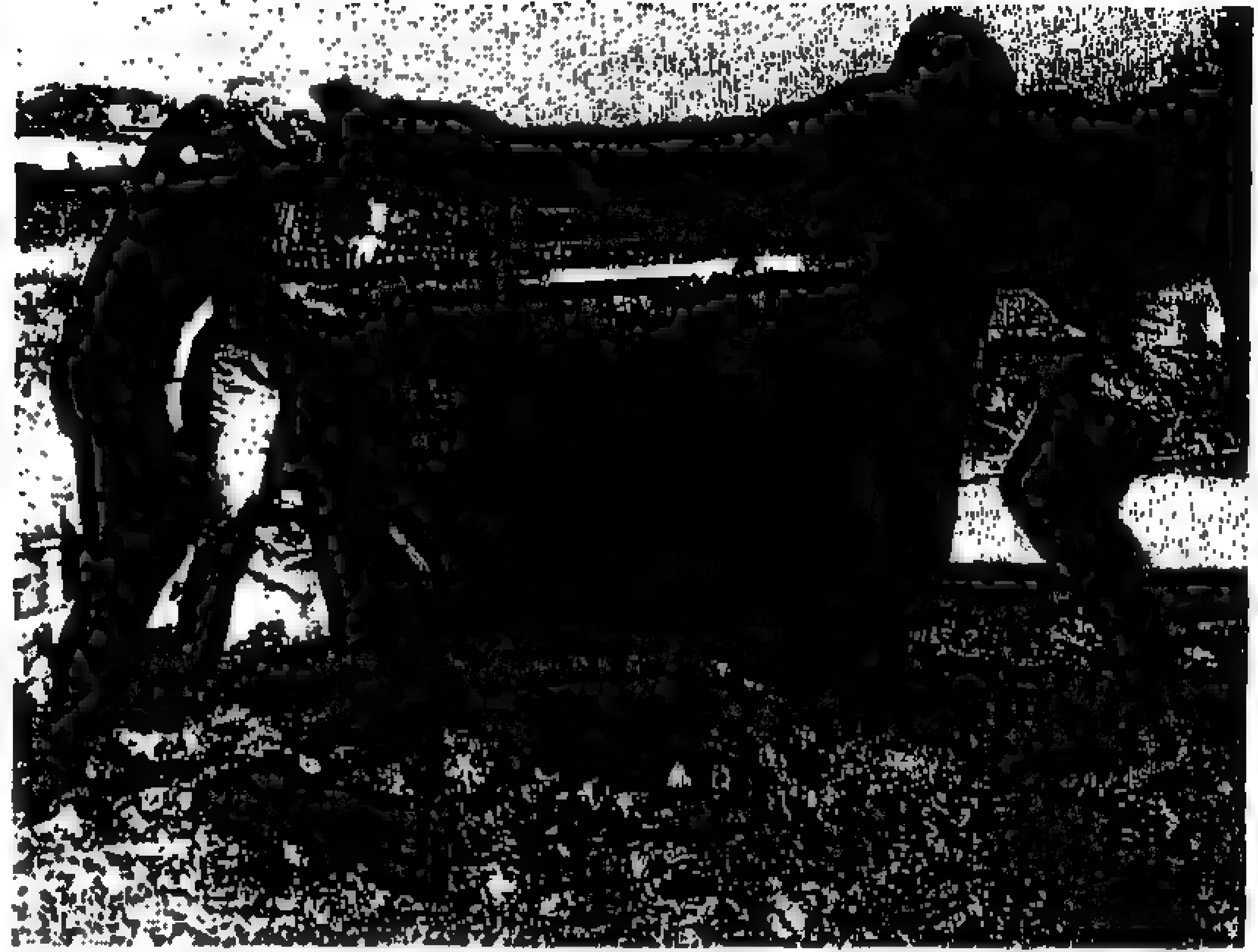
ولكن هاتين النقطتين – الرفع ثم النقل إلى سطح حامل جديد والمعالجة للسطح – واللتين تعكسان التطور الملموس للأهداف والطرق المرتبطة بحفظ الفسيفساء المقتطعة من نطاقها الأصلي، تؤديا بنا، بلا أدنى شك، إلى مسألة حفظها في نفس موضعها *in situ*. هذه المشكلة الأساسية، من حيث كونها تخص أغلب الأرضيات التي تم إجراء عمليات حفظ لها، سيتم التعرض لها لاحقاً: ولا يبدو أن أي من الحلول يمكن أن يكون قابل للتطبيق بشكل معمم.

الأسس التقنية

رفع dépose فسيفساء الأرضيات، هي عملية تشتمل على فصله عن قاعدته من أجل اقتطاعه من محيطه الأثري. أساس العمل التقني يكون مستمد من الطبيعة ذاتها لهذا النوع من المستندات، والمكون من تجميع لعناصر صغيرة المقاس مثبتة على مدماك (أساس) assise من الملاط mortier. لن نستطيع هنا القيام بالوصف التفصيلي لتقنية التبليط (الرصف) العتيق: بعض التعريفات والتذكرات الأساسية اللازمة لفهم ما سيأتي لاحقاً ستعرض في نهاية الباب. الأمر يتعلق هنا فعلا باقتطاع البلاط، مع الإبقاء على تماسك عناصر السطح به، وهو أمر ضروري يتحكم النجاح الكلي لتلك العملية (صورة ١).

كانت المحاولات الأولى التي رواها بسخرية علامة من القرن الثامن عشر قد انحصرت في التفكيك باستخدام المعول محولاً بذلك الفسيفساء إلى ركام من المضلعات الرباعية الصغيرة tesselles بدون أي مدلول. وقد تطورت الطرق المستعملة بعد ذلك، ولكن نجاحها المعتمد على الأساليب والمواد المستخدمة لا يؤدي بنا دائما إلى الوصول لنفس النتيجة. في الواقع، فإن تماسك البلاط ظل لفترات طويلة مضمون عن طريق أنظمة جاسئة rigide مثل: الجبس المصبوب في داخل إطار من الخشب ومحيطاً بقطعة الفسيفساء المطلوب رفعها، أو شرائح الرخام الموضوعة على سطح ترضيعة الفسيفساء tessallatum باستخدام معجون (ماسيتك) mastic من الشمع والتربنيتين والرمل أو أيضا من الورق المقوى (الكرتون) الذي تم لصقه بالقار (الزفت) bitume. وهكذا فإنه بعد تثبيت عناصر الفسيفساء يتم اقتطاعها عن طريق الحفر شيئاً فشيئاً في الأرض الراسية عليها. ولكن التماسك النسبي جداً للمواد المستخدمة على السطح المرصع بالفسيفساء لا يتوافق مع الإرتجاج الناتج عن أعمال الحفر تحتها sape؛ فعندما يكون البلاط العتيق شديد

التدهور فإنه لا يوجد ما يضمن تماسك ترصيعة الفسيفساء المنزوعة عن قاعدتها وغير الكافية التثبيت سطحياً. الحالة المتجزأة للفسيفساء المرفوعة في القرن الماضي تفصح عن الخاصية العشوائية لهذه العمليات، والتي كانت علاوة على ذلك تتطلب يد عاملة كثيرة نظراً لثقل المعدات المستخدمة (Lavagne, 1977).



صورة ١. رفع الركام opus signinum باستخدام نظام جاسئ (مادة رغوية من البوليرتان mousse polyuréthane منتشرة ومدرعة ببناء مجوف). (صورة لـ Paul Veysseyre).

وقد أصبحت الطريقة المستخدمة اليوم أكثر مرونة، فتماسك السطح يتم الحصول عليه بلصق قطعتين من القماش على ترصيعة الفسيسفاء، الأولى تكون رقيقة جدا حتى تقترن بكل أشكال التفاوت الموجودة في البلاط (وصلات محفورة، قطع فسيفساء مفلوقة، نواقص نقطية، نتوءات)، والثانية، ذات نسيج مرتخ وألياف غليظة حتى تقوم بالتقوية وتكوين درع مرن مقاوم للإجهادات التي قد تعمل على الفسيفساء. قد تختلف طبيعة النسيج على حسب العادات المتعبة من قبل الفنيين، وعلى حسب حالة سطح البلاط والظروف الحقلية: شاش طبى، قماش قطني، قماش من الجوت، إلخ... والشيء الجوهري هنا هو إيجاد تغطية قوية تكون تامة التواؤم مع ترصيعة الفسيفساء.

يعين اختيار اللواصق السلوك الذي تتبعه الفسيفساء في تصرفها من بداية رفعها وحتى ترميمها. فاللاصق يجب عليه بالطبع أن يقاوم الارتجاج الناتج عن الرفع، ثم التخزين الممتد في بعض الأحيان لفترات طويلة جدا وكذلك التنظيف الأولي لظهر القطعة. اللواصق الحيوانية التي توضع على الساخن والمستعملة من بداية القرن وحتى يومنا هذا في بعض بلدان حوض البحر الأبيض المتوسط، يتم استبدالها، ببعض المواد التخليقية الأكثر فاعلية. من ضمن تشكيلة المنتجات المتوفرة، يبدو أن أستات البولي ڤينيل (Rhodopas M 60 A في المحلول بتركيز ٦٠٪ في الكحول) يكون مناسب جدا: فهو سهل الاستعمال، وفعال، ورجوعي.

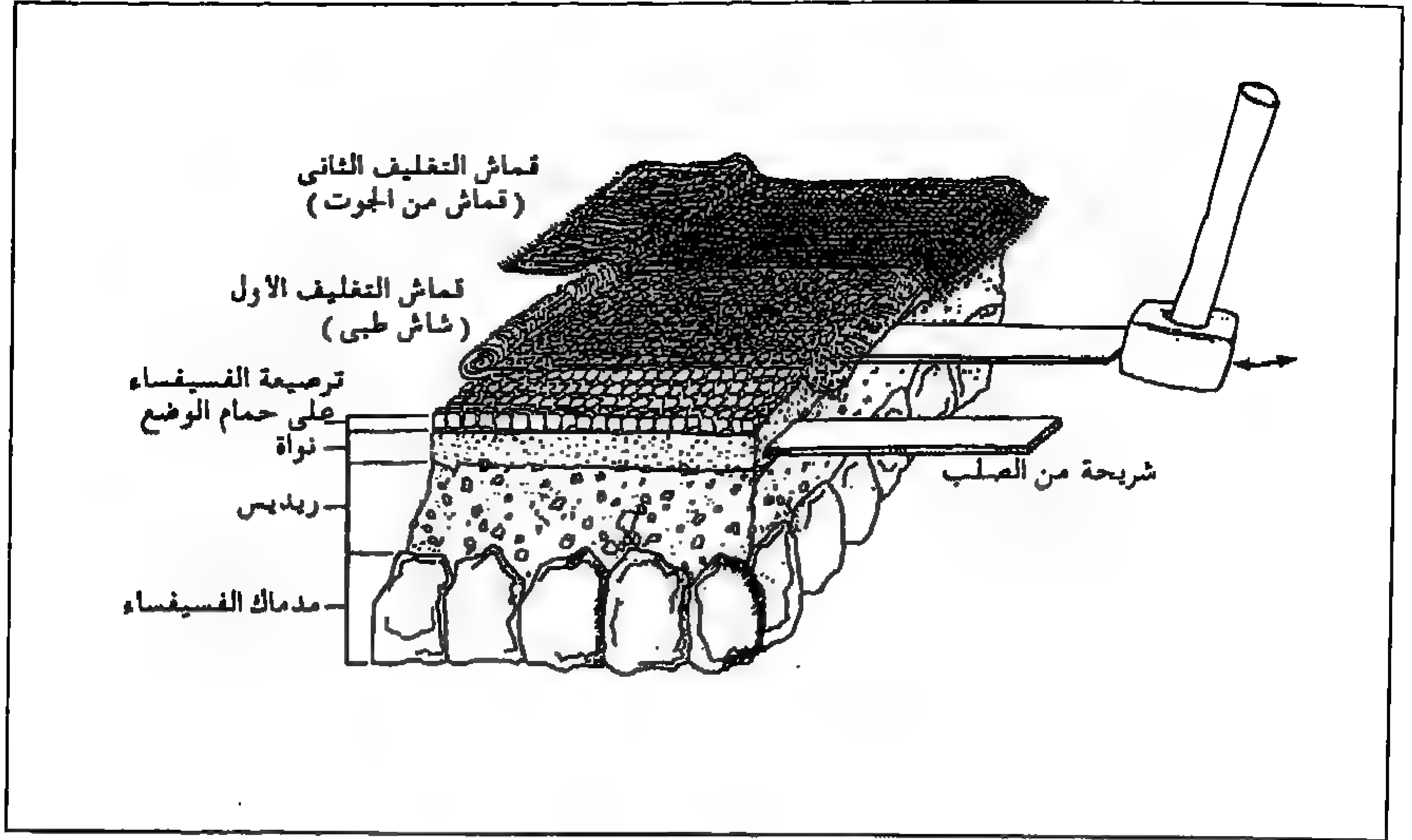
طريقة الرفع في حقيقتها تختلف عن التقنيات (التقانات، التكنولوچيات) القديمة في أسلوب التقطيع الذى تتعرض له الفسيفساء، فالمستند يؤخذ على مجمله، فلا يعد الرفع محصوراً على الزخارف المتكررة motif التى تحتوى على أشكال ما، بل ينطبق على مجمل التكوين. تتم التجزئة إلى عناصر قابلة للنقل على حسب حالة السطح والزخارف الموجودة. تقسم الفسيفساء الى صفائح ذات مقاسات متغيرة (٢م٢ تقريبا)، ومحدودة بالخطوط التى كونتها الشروخ والنواقص وهي تُشكل حدود فاصلة موجودة بالفعل، وكذلك الحال للفواصل المعمولة في المناطق غير المتدهورة، مع إتباع البنية التركيبية trame الهندسية للزخارف. على حسب درجة صلابة الملاط والتصاق ترصيعة الفسيفساء، فإن شبكة الفواصل تلك تشتمل على حزوز بسيطة تم عملها في سمك الوصلات أو يصاحبها نزع باستعمال المقص لصف أو صفين من المضلعات الرباعية tesselles. هذا التقسيم يتم نقله بالتوازي على البيان الخاص بالبلاط حتى نحصل على مخطط رفع مُوضحا به ترقيم الصفائح كما تم تحديدها. ويتم بعد ذلك فصل تلك الصفائح عن قاعدتها بواسطة أنصال حديدية طويلة تُغرس أفقيا في سمك الملاط، ثم تُقلب على ألواح من الخشب تم قصها على حسب مقاساتها، وأخيرا تُجلب إلى مكان التخزين الخاص بها.

يمكن تجنب تجزئة البلاط إلى عناصر قابلة للنقل باستعمال تقنية رفع أخرى تشتمل على لف البساط – الذى يحتوي على المضلعات الرباعية tesselles – على بكرة إسطوانية ذات قطر كبير، ويتم فصل الملاط عن ترصيعة الفسيفساء بالمقص أو بالحفار الذى يعمل بالهواء المضغوط كلما تقدمنا في اللف. ولكن هذه الطريقة التى تمت تجربتها بنجاح في الستينات (بالأخص بواسطة المتخصص الألماني Rolf Wihr)، لم تُعمم منذ ذلك الحين بسبب الصعوبات التي تفرضها ومنها: نقل بكرة إسطوانية مُعيقة تزن بضع مئات من الكيلو جرامات تفرض علينا شروط للمرور في حقل الحفريات ويتحتم معها وجود إمكانات رفع مناسبة، فضلا عن أن الملاط العتيق يمكن أن يُظهر شئ من الصلابة ولا يكون من السهل معها انتزاعه من مكان تواجده في ظل ظروف عمل مضنية ومواعيد تنفيذ مُلزمة. في حين أنه نظريا تكون هذه الطريقة أكثر ملائمة لطبيعة الفسيفساء، لأنها تتجنب التقطيع وإعادة ترميم الفواصل، غير أن هذه الطريقة أظهرت مخاطر مؤكدة مما أدى لعدم تطويرها.

دراسة البنية التحتية التى كُشف عنها بالرفع

تدمير المدماك العتيق عند الاقتطاع

يمكن لنا ضمان حفظ الفسيفساء إذا قمنا باقتطاعها مستخدمين التقنيات والمواد المُجزبة، مع مراعاة القيود المفروضة عند التنظيف والتجفيف والتى تحكم نجاح تلك العملية. غير أنه لما للرفع من خاصية لارجوعية، فإنه لا يمكن القيام بالرفع بدون تبصر أو احتياطات مُسبقة، فالرفع قد يؤدى في الواقع الى تدمير جزئي للبلاط: تنزلق الشرائح الطولية (الأنصال) عادةً بين النواة nucleus والريديس rudus، وذلك من ناحية بسبب المستوى الفاصل الذى غالبا ما يظهر بين هاتين الطبقتين من الملاط – تكونا قد عملتا على مراخل متتالية– ومن ناحية أخرى، بغرض الحد من سمك وبالتالى من وزن الجزء من المدماك المرفوع مصاحبا لعناصر السطح (شكل ١).



شكل ١ . رفع لقطعة فسيفساء أرضية.

عندما لا يتواجد مستوى الفلق clivage هذا، فإن الملاط يكون مكوناً من كتلة متجانسة تبقى فيها الطبقات المختلفة وثيقة الترابط، ويتم إغماد الانصال – أو بالأحرى الأسياخ المدببة في تلك الحالة – أسفل الريديس rudus؛ ولكنه بعد قلب شرائح الفسيفساء، يتم الإقلال من سمك الملاط (إرقاقه) وهو في مكانه حتى نقلل من وزن تلك الشرائح. وقد يحدث أيضاً أن يُظهر الملاط حالة من التدهور بحيث يكون إمرار الشرائح كافياً لتفتيته، وفي تلك الحالة تصبح ترصيعة الفسيفساء tessallatum، التي يضمن غلاف القماش تماسكها، هي وحدها التي يتم اقتطاعها. بعد الرفع يكون ما تبقى مكان الأرضية هو إما مستوى أفقي نسبيا يمثل طبقة الملاط أو الركيزة المحافظ عليها في مكانها، وإما – وهذا في الأغلب – سطح مقلوب رأسا على عقب يختلط فيه بشكل غير محدد قطع متكسرة من المدماك المتحطم بفعل نصل أو إزميل. هذه البقايا يتم بدون شك فحصها قبل التخلص منها ضمن ركام الحفريات المرفوع، ولكنه عامةً ما يتم تسجيل العناصر الجديرة بالاهتمام فقط وتحفظ بواسطة الأثاري ومنها: شقفات خزف

متداخلة مع الملاط، عناصر من الحجارة المنحوتة، مضلعات رباعية tesselles، كسور من سطح مرسوم، عملات. أما الأرضية نفسها، فتقتصر على ما بها من عناصر السطح (الترصيعة بالنسبة للفسيفساء، ألواح من الحجارة والرخام بالنسبة لركام (قطعة حجرية على طين) opus sectile)، وكذلك الجزء من المدماك الذي بقي ملتصق على الظهر.

وبهذا الشكل يكون المستند المرفوع مفصولا بشكل لارجوعي عن جزء من المواد المكونة له ومنزوعا من إطاره الأصلي. ولا تبقى إلا بعض الإفادات الموضعية المتعلقة بطبيعة وأبعاد المواد المستخدمة التي يمكن بالفعل الوصول إليها، ولكنه لا يصبح من الممكن إجراء دراسة للبلاط في مجمله وعلاقته بالأبنية المحيطة.

البحث عن المعلومات التقنية

من المهم إذا أن يتم أخذ كل الملاحظات أثناء الرفع عن ما كان يُكوّن الجزء غير المرئي من البلاط -المدماك وركيزته-. لأنه وإن كانت تلك العملية يصاحبها أضرار لا يمكن تجنبها تؤثر على هذا الجزء من الأرضية، إلا أنها يمكن أيضاً أن تؤتينا بدلالات ثمينة عن الطريقة التي استعملت لتركيب تلك الأرضية. فقد تم الاهتداء الى بعض المخططات التحضيرية تحت ترصيعة الفسيفساء (بالأخض في بلاط Stables وفي Villa de Settefinestre في إيطاليا)، ولكن الكشف عن هذه العلامات يكون لسوء الحظ نادر: لأنه يُفترض لوجودها بالفعل أن يكون سطح النواة nucleus محفوظ وظاهر، غير أنه في أغلب الأحيان، يكون على العكس من ذلك متجزيئ، وهو في مكانه عند نفاذ شرائح الرفع فيه، أولاحقا وهو في الورشة؛ ومن ناحية أخرى، فإن حمام التركيب bain de pose يبقى عامةً عالقا بتلك الطبقة السطحية من الملاط مما يؤدي إلى ظهور الصورة السالبة (نيجاتيف négatif لترصيعة الفسيفساء مطبوعة في الجير، مغطيةً بذلك العلامات المحتملة التي كانت محفورة على سطح النواة.

بعض البيانات الأخرى المتعلقة بكيفية تنفيذ الأرضية يمكن أن تتضح، مثل تقنية تركيب الركام opus sectile.

ففي ڤيين Vienne قد كشفت بعض الأرضيات عند اقتطاعها عن شقفات من الخزف وكسور من الرخام موضوعة تحت كل وحدة module من التكوين الهندسي؛ تلك الركائز، التى كانت مستخدمة للحصول على استواء تام للغطاء السطحي، بقيت إذا محفوظة جزئيا في الأماكن التى زالت عنها طبقة التكسية الرخامية.

هذه الاكتشافات، التى تُغذى المعرفة التقنية بأمور الأرضيات، تُجسد مدى التوسع في الأهداف التى يجب أن يُؤخذ بها عند إجراء أية عملية اقتطاع. ويعنى هذا إذاً أنه يجب أن يسبق ويجاور عملية الرفع بمفهومها الصحيح، تجميع لكل المعلومات التي من ناحية تصف كل مستند، من بداية تصنيعه وحتى دفنه، ومن ناحية أخرى تكون متعلقة بالمحيط الملاصق له.

الدراسة المرجعية الموازية للرفع

يشكل الرفع البياني والفوتوغرافي قاعدة هذه الدراسة المرجعية الوصفية. يوجد الكثير من التقنيات، ومن أفضلها إعدادا، تلك المستخدمة لأغراض النشر العلمي، مثل الطريقة المشتملة على تناول المضلعات الرباعية tesselles واحدة بواحدة لعمل رفع بالحجم الطبيعي للشكل الزخرفي على غشاء رقيق (فيلم) من البلاستيك، ثم تصوير هذا الرفع حتى نحصل على تصغير بمقياس الرسم المرجو. هذه العملية تتطلب الكثير من الوقت ولا يمكن عامةً إدراجها ضمن الإطار المُقيد لحفائر الإنقاذ، وذلك لأسباب عدة تتراوح ما بين المجازفة بعدم الدقة الناتجة عن تشكل القاعدة البلاستيكية، التى تم عليها الرفع، إلى نقص إستواء السطح الشائع في الأرضيات، إلى جانب أيضا الأخطاء في القسمات عندما يختفي الشكل الزخرفي تحت ستار كثيف من البخار المتكثف. الطريقة الأكثر موضوعية بدون شك ستكون هى التى تستخدم تغطية تصويرية (فوتوغرافية) يتم أخذها من ارتفاع ثابت، بواسطة قائم يتم تحريكه على قضبان على سبيل المثال.

ويكون كافيا إجراء رفع تقليدي بمقياس ١/١٠ أو ١/٢٠ بطريقة عمل المثلثات triangulation وذلك لغرض تسجيل الشكل العام configuration للحجرة، وكيفية وضع الأرضية والزخارف الموجودة بها والمناطق المتدهورة أو المنقوصة، وموضع الاعتاب وتهيئة الحوائط وسمك الطلاء. ويُظهر الرفع إذا الخواص الهندسية للشكل الزخرفي، وبذلك يعطي دلالات على الطريقة التى تم بها تصميمه وتنفيذه. بعض التشوهات التى تكون قد غابت عند التفحص الشامل في ميدان الحفريات يتم إظهارها بوضوح.

وهكذا فإن تسجيل تلك التفاصيل يعطى للآثاري والمؤرخ بُعد يفوق ما يمنحه إياه الرفع البسيط للتكوين الزخرفي، لكونه يُظهر من خلال الخصوصية وعدم المهارة التي قد تبدو فيه، بعض الممارسات الخاصة بالحرفيين الذين قاموا بعمل تلك الأرضيات.

هذا الفحص يكون ضرورياً للمرمم لتوجيه عملية تجميع الشرائح عند إعادة التركيب اللاحقة للأرضية. يعتبر مخطط الرفع بلا شك الركيزة الأساسية لهذه العملية، ولكنه يكون من المهم معرفة الهيئة الأصلية للأرضية بدقة: ففي حالة إعادة التركيب في نفس الموضوع *in situ* أو الإعادة الجزئية للشكل الأصلي للمحيط الأثرى فإن الفسيفساء يمكن أن يعاد وضعها بشكل صحيح بالنسبة لحوائط الحجرة. من ناحية أخرى، وضع الأرضية التي تُبدي موضعيا شقوق وفروق ارتفاعات واضحة لحد ما، بشكل مسطح يغير بشكل محسوس من تباعد الفواصل التى تم عملها أثناء الرفع، مؤدياً إلى مشاكل ضبط بين الألواح: فيكون من المناسب إذا تعيين موضع التشكلات المرتبطة بالزخرفة - بالأخص نقص التوازى والتعامد - حتى نستطيع الحفاظ عليها بأمانة من غير أن نبرزها أو نمحوها.

الرفع البياني والفوتوغرافي المُستكمل بالبطاقات التوصيفية، يجب أيضا أن يعمل على تقرير التدهور الظاهر في الأرضية عند اكتشافها: فالتشققات، والكسور الطولية والنواقص والتغييرات الأخرى تمدنا في الواقع ببيانات عن الأحداث التى وقعت للأرضية بعد تركيبها. إصلاح الشقوق المختلفة باستخدام شرائح من الرخام أو إستخدام ملاط بسيط مع قطع قراميد صغيرة أو استكمال

زخرفة مفقودة، بمضلعات رباعية بشكل حاذق أو شكل غير متقن، كل ذلك يعتبر شاهدا على التغيرات التى تمت خلال زمن استعمال الأرضية. تكشف التدهورات عن الحوادث المتعددة المرتبطة بترك ودفن الأرضية: آثار كلسنة، حت نقطي ناتج عن تسرب حامضي أو بقع صدأ مترسبة من أثاث معدني بقي ملامس له، صبغات متعددة، وأخيراً نواقص نقطية أو منبسطة لها أصول مختلفة (حفيرة (ترانشة) تم عملها بجاروف رافعة ميكانيكية، أخدود محفور بمقطع محراث، ثقوب دائرية ناتجة عن زرع شجر، نواقص ناجمة عن إحلال تكوينات مجلوبة سواء كانت عتيقة أو حديثة).

موائمة تقنيات الرفع مع حالة البلاط

إذا كان لتلك التغييرات مردود ضعيف على سريان عملية الرفع، فإنه على العكس من ذلك يتسبب البعض الآخر منها في مشاكل من نوعية خاصة. فتبعا لذلك يمكن لتراكم رسوبيات جيرية أن يغطي جزئيا الفسيسفاء، معيقا أو مانعا إستقراء الزخارف بها: ونكون مدفوعين عندئذ برغبة في إزالة هذا بطرق سريعة. غير أن تلفيات لارجوعية يمكن أن تنشأ بسبب ضيق الوقت ونقص التقدير المترو؛ أيضا، عندما تكون المدة الزمنية المتاحة للتنقيب أو العمالة الفنية المتخصصة لا يسمحا بإجراء تنظيف في نفس الموقع يأخذ بكافة الإحتياطات اللازمة، فيكون من المفضل غالبا اقتطاع المستند مع رواسبه وإتمام معالجته لاحقا في الورشة.

تدهورات أبعد في عمق الأرضيات يمكن أن تؤثر على الفسيفساء، وهي تتطلب تقنيات رفع متوائمة مع كل حالة. بعض الأرضيات قد يبدو عليها مثلا عدم انتظام في السطح بدرجة عالية حتى إننا لا نستطيع استخدام النظام التقليدى للتغليف بالقماش مع القلب على لوح مسطح. عندئذ يمكن أن نعتبر الرفع كاقتطاع معقد للغاية، يتم تدعيمه وتثبيته باستخدام غشاء (فيلم) من السليكون وطلية من الجبس حتى نحافظ على كل النقوش البارزة للمستند.

التشوهات الناتجة عن هبوط التربة والتى غالباً ما تصيب الأرضيات، لا تتطلب مثل تلك التقنيات المتقدمة. فالتغليف المرن بالقماش يضمن تماسك عناصر السطح، والفروق في الارتفاعات يتم تعويضها بعد ذلك، باستخدام شكل قالبي مجهز مثلا من رغاوي البوليوريتان mousse de polyuréthane المتمددة، والذي يمكن قلب المستند عليه وحفظه بدون مخاطر إنهيار. وهكذا يسمح هذا النظام باستقطاع الأرضيات من طراز terrazo ترازو أو سيجنينوم signinum، التى هبطت بها التربة، حيث أن تركيبها المدمج يجعل التشوهات التي أصابتها لارجوعية. وعلى العكس من ذلك فإن الفسيفساء والركام، يظهرا تكسيات على السطح تكون من جهة قابلة للانفصام عن الملاط الحامل لها ومن جهة أخرى قابلة للإستعدال بسبب تكوينها المتجزيئ. هذه المستندات يمكن إذا اقتطاعها في حالة وجود أو عدم وجود فروق في الارتفاعات بها، يكون اختيار طريقة الرفع إذا مملاة تبعا لنوع العرض المزمع القيام به.

التنوع في تقنيات الرفع يسمح باقتطاع كل مستند حسب طبيعته وحالة التدهور به. كما يضمن أيضا تسجيل المعلومات المرتبطة بإنشاءه وتاريخه والتكوينات المحيطة به، كما يضمن بالتوازي المحافظة على ذاكرة محيطه الأثري على شكل رفع بياني وفتوغرافي وعمل بطاقات توصيف. هذا التسجيل المرجعي يصاحبه في بعض الأحيان الإحتفاظ ماديا ببعض العناصر المرتبطة بالأرضية نفسها أو بالحجرة التى كانت مقام فيها مثل: أجزاء متكسرة من الدعامة والمدماك، مدماك الفسيفساء statumen وحتى حمام التركيب bain de pose، أعمدة قصيرة رافعة في غرفة فرن تحت الأرض في الحمامات pilettes d'hypocauste، أنابيب صرف فخارية tubulae، عتبات، أكتاف (ترتكز عليه العتبات) jambages، رسوم ملونة.

حفظ الفسيفساء بعد الرفع

يتم نقل الفسيفساء بعد اقتطاعها، إلى المخزن الذي قد تبقى مودعة به لفترة طويلة. وتنخفض مشاكل الحفظ التي تطرحها في تلك المرحلة بشكل كبير لأن رفعها يكون قد حجب عنها عوامل التدهور المتعددة التى كانت تهددها في مكان إكتشافها. فبسبب الطبيعة المعدنية لمكوناتها تكون الإحتياطات المرتبطة بتخزين الفسيفساء بسيطة بالمقارنة بتلك التى تتطلبها بعض المواد الأثرية وبالأخص العضوية منها. يُكتفى بإيواء الأرضيات في مكان مغلق وجاف بمنأى عن التقلبات الجوية. أما عن تجهيز الأرضيات ذاتها فإنه ينحدر من طريقة الرفع: فشرائح الفسيفساء المقلوبة على ألواح من الخشب يمكن بالفعل رصها فوق بعضها بحيث تكون كل واحدة مفصولة عن ما تليها بعوارض خشبية تسمح بسريان الهواء لتجنب أى ظهور للكائنات المِكروية (المتناهية الصغر). يتم أحياناً عمل بعض الدعامات الموضعية بشكل يعمل على استقرار حواف المناطق التى أصابتها الهشاشة. وهكذا بعد رص الفسيفساء في أكوام، تكون في انتظار القرار فيما يخص حفظها.

فالفسيفساء التي وضعت تحت الحفظ بعد رفعها لا تستلزم تدخل جديد إلا حين يُنوى عرضها، في متحف على الأغلب أو نادرا ما يعاد تركيبها في نفس مكانها. تقنيات الحفظ المختلفة التى تطبق حينئذ تعتمد على المستند نفسه وعلى الظروف المتوقعة عند عرضه، وهى تتعلق من ناحية باستبدال الملاط العتيق بسناد جديد ومن ناحية أخرى بإجراء معاملات السطح للأرضيات.

النقل لسناد جديد عوضا عن الملاط العتيق

علامة الاستفهام الأولى التي تُطرح تكون بخصوص نوع السناد الذى سيتم تركيب الفسيفساء عليه. والأمر يتعلق هنا بمرحلة جوهرية ضمن سياق العمليات. فعمليا يتم تخليص الفسيفساء في مرحلة أولى من أثر الملاط الأصلي وتُختزل إلى ترصيعة الفسيفساء tessellatum بها. تختلف الطرق

الميكانيكية المستخدمة على حسب سمك وصلابة الملاط ودرجة التصاقه مع ترصيعة الفسيفساء ومقدار هشاشة تلك الأخيرة: يتم ترقيق الملاط بواسطة المقص ويقطع بواسطة جَلاخة (صاروخ) عندما يكون شديد التماسك، ويتم استبعاد حمام التركيب bain de pose بالدعك البسيط بالفرشاة، أو بالسفح بمواد مُصنفرة أو بحفار الموجات الفوق الصوتية burin à ultra-sons. هذا التنظيف للخلفية، يكشف أحيانا عن إشارات تقنية إضافية: فهو قد يُظهر إصلاحات قديمة تم عملها بمواد ذات طبيعة ومقاس مختلفان. أغلب هذه التغيرات كانت واضحة على البلاط وهو في موضعه، ولكن البعض منها المنفذ بمهارة بدون انفصام عن النسق العام، يتضح إذا بشكل أفضل. بعض الجزر الصغيرة من المضلعات الرباعية tesselles والتى تكون أعلى من مثيلاتها يمكن أن تظهر على السطح، أما في الركام opus sectile فإن شغل الشدف (قطع مائل) biseautage الذى قام به الرخّام (صانع الرخام) لكى يستعدل عناصر السطح المختلفة يصبح ظاهراً.

بعد هذا التنظيف، فإن عناصر السطح التى لم يتسن لها المحافظة على تماسكها، إلا حين تغليفها بالقماش إبان الرفع، تكون جاهزة لإعادة التركيب على سناد جديد. عند تلك المرحلة يظهر جليا مدى ما وصلت إليه التقنيات من تطور.

المواد التى تم استخدامها في القرن الماضي للإحلال بدل من الملاط العتيق بدا بها عيوب أساسية. فعناصر الفسيفساء التى تم تركيبها على ألواح من الطوب أو الرخام تصبح غير قابلة للنقل. الجبس الذي استخدم في حمام التركيب لا يوفر إلا رابطاً نسبياً بين الفسيفساء المرصعة وقاعدتها الثقيلة، أما عن إستخدام الأسمنت الذى عُمم حتى تاريخ حديث جدا، فإن عواقبه كانت وخيمة. فقد تسبب بالفعل في تقسيم البلاط الى أجزاء صغيرة الأبعاد - ومع هذا ثقيلة جدا - وعمل على ظهور مربعات من الشقوق متنافرة مع المنظر عند خلو هذا المنظر من التشكيلات الهندسية.

علاوة على أن الأسمنت كان قد تم صبه مباشرةً في خلفية ترصيعة الفسيفساء؛ بخلاف التلفيات التى كان يحدثها عند خروج أملاح قابلة

للذوبان منه تتبلور على السطح، وهذه العملية اتضح أنها لارجوعية، وتحبس ترصيعة الفسيفساء في غلاف من الشوائب شديد الصلابة بشكل كبير.

فالفسيفساء المرتبطة ببعضها بالأسمنت على أرضية بعض المتاحف -أو عند أشخاص قاموا بحيازتها - قد وُجدت وقد تسمرت في مكانها الجديد بشكل أكثر لارجوعية مما كانت عليه على ملاطها الأصلي. أما الأرضيات التي كانت قد تحولت بالرفع إلى مستند منقول فقد إستعادت بذلك لصفتها الساكنة التي كانت عليها في مكانها الأصلي.

قاد ظهور اللدائن التخليقية منذ عشرين عاما إلى تجديد مبهر لتقنيات إعادة تركيب الفسيفساء. فالخصائص ذات الأداء الجيد لهذه المواد مكنت من عمل سناد رقيق وخفيف، لم يعد لزاما معه تجزئة البلاط أو تركيبه بشكل شبه نهائي على الأرضية، ولكنه على العكس من ذلك يتواءم مع أبعاد المستند والظروف الخاصة المتحسبة عند عرضه. الراتنجات المستعملة من نوع «إيبكوسي» epoxy، تختص بقدرتها اللاصقة العالية، ومقاومتها العالية للإجهادات الميكانيكية وتراجعها الضعيف (راتنجات البوليستر لا يمكن إستعمالها بسبب تراجعها العالي الناتج عن بلمرتها). في الستينات، قد تمت تجربة لتطبيقها من أجل معالجة الفسيفساء في Landesmuseum de Trêves: فقد تم لصق ترصيعة الفسيفساء على طبقة من لاصق إيبكوسي مقوى بقماش من الزجاج، مما حولها إذا إلى سجادة حجرية حقيقية. وهي وقد تخلصت من سنادها الأصلي، أصبح من الممكن حفظها رأسيا، وقد تم ضمان تماسكها بترقد تركيبها الجديد من الراتنجات. يتم بعد ذلك نزع القماش عنها désentoillées ثم تعلق على تركيبة من القضبان المتوازية تسمح بإنزلاقها وظهورها عند الطلب. هذه الطريقة البارعة تمنح ميزة إمكانية رؤية الفسيفساء بدون الحاجة إلى أماكن عرض مُتحفية مما يقلل من مشاكل التكدس التي يفرضها التخزين المتراص التقليدي. والأمر حقيقةً يعني أننا بصدد نظام حفظ وسط ما بين الفسيفساء وهي على حالتها عقب الرفع، والترميم الكامل لها بغرض العرض على الجمهور. هذه التجربة وإن بقيت

متفردة إلا أنها تستحق بالتأكيد أن تُستغل، لكونها تمنحنا إمكانية الوصول للأرضيات لتفحصها ودراستها واستكمال المعلومات المسجلة في موقع الحفريات، بدون الحاجة لصرف الأموال الطائلة اللازمة للعرض المتحفي.

كذلك يمثل عِظم الوسائل المالية اللازمة لمعالجة الفسيفساء، مكبح يحد من تعميم تقنيات التركيب الجديدة. بفضل استعمال الراتنجات التخليقية فقد تطور بالفعل إستخدام المواد المعقدة التي تم اقتراضها من صناعة الطائرات: ففي الورش المجهزة لهذا الغرض أصبحت الأرضيات ترقد على سواند خفيفة وذاتية الحمل مكونة من بناء من الألومنيوم ذو تجاويف ومغطى في كلا الوجهين براتنج إيبكوسي مُسلح بقماش زجاجي (صورة ٢). وهذا الشكل الطباقي لخلايا النحل يسمح بتركيب الفسيفساء بدون تجزيئتها، وقد يتعدى مداه ٦ أمتار. في الواقع، تحد قيود النقل والدخول إلى مكان العرض من مقاس تلك السواند. عندما يقيدنا إرتفاع الأسقف وعرض الأبواب فإننا نُبقي الفسيفساء مجزأة، لأي عدد من العانصر حسب الحاجة. ولكن عند إنعدام أية عوائق خاصة فإن الفسيفساء يمكن أن تُركّب كقطعة واحدة مقواة بتسليح من المعدن.



صورة ٢. شكل مفصل من خلية النحل مصنوع من سبيكة الومنيوم (الوجهان لهذا التكوين المُفرغ يكونان شكل طباقي من قماش زجاجي وراتنج ايبكوسي).
(صورة Paul Veysseyre).

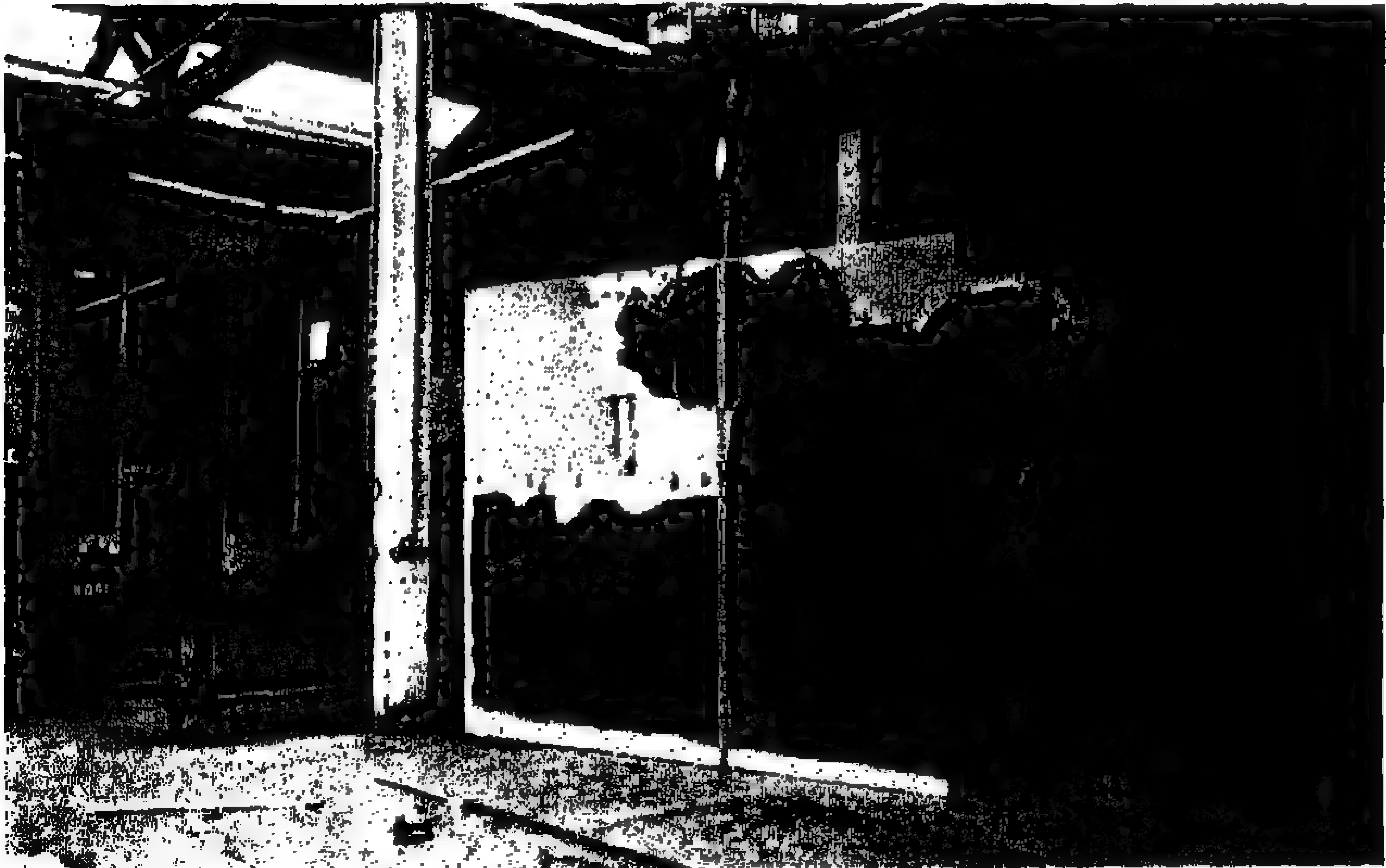
تنخفض مشاكل النقل والتداول بشكل كبير مع استعمال هذه السواند الطباقية الجديدة لأن وزن الفسيفساء ينخفض من ٣٠ إلى ٤٠ كجم / متر[٢]، أي من ٦ إلى ٨ مرات أقل مما إذا كانت راقدة على بلاطة من الأسمنت.

تلك الاستقلالية التامة للفسيفساء حيال مكان عرضها، تُضاعفها رجوعية ناتجة عن طريقة تركيبها. لا يكون السناد الذى على شكل خلية النحل ملتصق مباشرةً على ظهر ترصيعة الفسيفساء، ولكنه يكون معزولاً عنها بطبقة من الملاط التخليقي مكون من أستات البولي ڤينيل المحملة بالرمال. (.P.V.A في تشتت مائي، مثل Mowilith D و D025). توفر طبقة التركيب الجديدة تلك إلتصاق جيد مع ترصيعة الفسيفساء بدون إضفاء صفة اللارجوعية الخاصة بالإيبوكسي (الصور من ٣ إلى ٥).

في حين أن، إعادة تركيب الفسيفساء على سناد طباقي لا تمثل الطريقة الوحيدة المحتملة فإنها تظل بدون شك الأكثر مواءمة للنطاق المتحفي لأنها لا تفرض علينا إختيار تركيب نهائي ما، وهي يمكن أن تطبق كذلك على حالات التركيب في نفس الموضع *In situ* بفضل الصفات الفيزيوكيميائية للمواد المستخدمة ومنها: مقاومة اللدائن الايبكوسية للرطوبة والحرارة وعوامل التلوث الكيميائى، وإحكام العزل لخلية النحل. ولكن التكلفة المرتفعة لتلك المواد يمكن أن تشكل عائقاً أساسياً لاستخدامها، ويوجد حلول عوضا عنها أقل في التكلفة. بالنسبة للأرضيات المعاد تركيبها في موضعها الأصلي، يمكن بالفعل وضعهم بالطرق التقليدية، على طبقة من الجير مطبقة على بلاطة من الخرسانة تعمل كمدماك جديد، كما تم تنفيذه لفسيفساء في Montréal du Gers في منطقة Aquitaine؛ ولكن من ناحية أخرى، تشكل إعادة وضع الفسيفساء في نفس موضعها مشاكل خاصة ومعقدة سيتم تناولها لاحقا.







الصور ٣ و٤ و٥. في (٣) وضع ملاط من Mowilith محمل بالرمال في خلفية ترصيعة الفسيفساء. في (٤) لصق السناد التخليقي على طبقة الـ Mowilith. في (٥) قلب لوح الفسيفساء المنقول على السناد الجديد يُظهر: قماش الجوت الموضوع على ترصيعة الفسيفساء عند الرفع (ورشة ترميم الفسيفساء في Saint Romain-en-Gal تصوير Paul Veysseyre).

معالجات السطح

تمثل معالجة السطح مرحلة أساسية من العمل لأنها تتعلق بالجزء المرئي من البلاط، وهو الجزء الوحيد المحفوظ من المستند الأصلي بعد إقتطاع هذا الأخير من مدمكاه العتيق.

وتذهب معالجات السطح إلى التركيز على المضلعات الرباعية tesselle، أو وحدة الرخام في حالة الركام opus sectile. والأمر يتعلق هنا بالأخذ بالوسائل اللازمة لحفظ وإستقراء تلك المكونات الأولية.

تغيير عناصر السطح وكيفية معالجته

لحسن الحظ، تحد الطبيعة المعدنية لأغلب المواد المستخدمة من المشاكل. إن التعرف والسيطرة على عمليات التغيير altération في الحجر تُعتبر بالفعل من المجالات المعقدة. ولكن فسيفساء الأرضيات تحتل وضع ذو حظوة: فالإطار المحمي للتركيبة الأصلية لها سواء كان في منزل أو في مكان عام ثم دفنها بعد ذلك، جعلها تستفيد عامةً من ظروف مواءمة لحفظها. فعند إقتطاعها من نطاقها الأثري ووضعها بعد ذلك على سناد جديد، ثم تخزينها أو عرضها في الغالب في مكان داخلي، فإنها تكون قد بقيت في منأى عن عدوان العوامل الجوية، التي تشكل العامل الرئيسي لتدهور التكوينات والقطع المنحوتة. يكون الأمر مختلف تماما بالنسبة للأرضيات المحفوظة في نفس موضعها *in situ*، فهي تفرض إذا مشاكل مشابهة لتلك التي قامت بحلها الأبحاث المجراة في مجال المعالجة الوقائية والعلاجية لأمراض الحجر.

معالجة سطح الفسيفساء تبدو إذا أبسط نسبيا عندما يتعلق الأمر بمستندات تم رفعها بعد التنقيب عنها ووجهت نحو العرض المتحفي. تشكل إزالة القماش désentoilage أول تدخل لنا، ويتم عمله عن طريق إذابة اللاصق المستخدم إبان لصق السطح. تظهر إذاً من جديد ترصيعة الفسيفساء، وعلى حسب حالتها تتحدد باقي العمليات التالية. كقاعدة عامة، تقتصر المعالجة على إرجاع الشقوق المعمولة أثناء الرفع إلى حالتها

الأولى عن طريق تركيب المضلعات الرباعية في مكانها والتي يكون قد تم رفعها وتصنيفها قطعة قطعة. ثم يُعمد إلى التنظيف المشتمل على الدعك بالفرشاة والشطف المتكرر، حتى يتم التخلص من الآثار المختلفة للطينة، واللاصق والقماش العالقة على السطح والمتراكمة في الفواصل.

فسيفساء الأرضيات هي من العناصر المعمرة يتضح هذا إذا في الوفر في مظاهر الحفظ المطبقة على عناصر السطح. غير أن التغييرات التي تبدو عليها تكون كثيرة ومتباينة: مضلعات رباعية مكسورة أو مشقوقة أو متشظية، شيست متفتت، طينة محروقة أو حجر طري متآكلان، البعض منها يكون قد تحول عمليا الى شريحة رقيقة، حجر جيري مُظهراً لسطح منخور، رخام ذو بنيان شبيه ببنيان السكر، عجينة زجاج لم يعد يبقى منها إلا شكل متذري؛ مناطق كاملة من الأرضيات يكون عليها علامات حلقية رمادية أو سوداء، بعضها الآخر يكون مُغطي برسوبيات صلبة، ويظهر تخضب متنوع على الخلفية الشفافة. تختلف مقاومة أو ضعف المضلعات الرباعية في مجابهة تلك التغييرات على حسب طبيعتها الكيميائية والبلورية، ومساميتها وصلابتها؛ ولكن الإعتداءات التي تكون قد أصابتها هي ناتجة عن عوامل خارجية: مثل ظروف الاستعمال ووسط الدفن، الصدمات الموضعية، الحرارة، النار، حامضية أو قلوية الوسط، رطوبته وتبدله، وفي بعض الأحيان الجليد، كل ذلك يساهم أيضا في القيام بالتأثير في مظهر المضلعات الرباعية، وفي بعض الأحيان البنية الهيكلية لها.

غير أن المعالجات التي يمكن القيام بها لمجابهة تلك التغيرات تبقى قليلة العدد. وقد تقتصر على تعويض العناصر المتدهورة. في الواقع، فإنه على مستوى المضلعات الرباعية، يقود الفقد في الترابط أو في المادة سريعا إلى التلاشي التام لها. يتم إذاً استبدال العنصر بآخر، مأخوذ من مخزون المضلعات الرباعية الحرة الآتية من المناطق المنخلعة في الفسيفساء (نواقص، حواف)، أو حتى من أرضيات أخرى تتمثل فيها نفس المواد. يسمح الترميم لوحدات فسيفساء قادمة من نفس الموقع بإقامة مخزون من المضلعات الرباعية التي تُصنف حسب البلاط القادمة منه، أو حسب النوع، والمقاس، واللون، أو التغيير الذي تعرضت له وهذا في حالة عدم إمكانية نسبها إلى مستند بعينه.

إستبدال المضلعات الرباعية، بغرض عدم إضعاف ترصيعة الفسيفساء إذا ما تركنا فراغات موضعية بها، لايشكل عامةً صعوبة عندما يتعلق الأمر بالمواد الدارجة: حجر أو طين محروق. أما عجينة الزجاج -التي وإن كانت لا تستعمل بكثرة في فسيفساء الأرضيات العتيقة وتختص فقط ببعض المناظر المصورة- فإنها تضعنا أمام مشاكل أكثر حساسية. في بعض حالات التدهور المتقدم، فإن البقايا المحفوظة تبدو بمنظر مختلف بشدة عن المادة الأصلية. فمثلا، بعض عجائن الزجاج، والتي تكون قد بقيت حمراء في القلب، يبدو سطحها وكأنه أصبح أخضر اللون وذلك على الأرجح نتيجة للتحول الكيميائي لأملاح النحاس المستخدمة للتلوين. فهل يكون من المناسب إذا تبديلها بعناصر سليمة، مع المخاطرة بإعطائها لون تقريبي، أو ظهورها بشكل نافر بداخل ترصيعة فسيفساء منتظمة القِدم؟

ويظل التساؤل المبدئي مطروحاً، عند إحتمال وجود تدهور ممتد. فبدون شك يجب علينا أيضا اعتبار حالة تلك المواد، التي تكون أكثر هشاشة من باقي البلاط والعمل من بدء الكشف عنها على تدعيمها، بالإستعانة بالتقنيات المستخدمة لمعالجة الزجاج.

إذا كان الأمر لا يستدعي إجراء ترميم للحجر على مستوى المضلعات الرباعية إلا نادرا، فإن ذلك يصبح من الملزم بالنسبة للعناصر ذات المقاسات الكبيرة التي تُكّون الركام opus sectile: الصخور ذات النسيج المُحبب يمكن أن تُدعم إذا بالمركبات السليكونية.

تُظهر ألواح الشيست المتدهورة مشاكل أكثر حساسية تكون مرتبطة بطبيعتها الرسوبية: فمن ناحية، تتفتت عادةً، بسبب تكوينها الورقي، ومن ناحية أخرى، يمكن أن يصيب التغيير مكونات الطبقات نفسها. في هذه الحالة الأخيرة، فإن التشرب بالراتنجات التخليقية يمكن أن يؤخذ في الاعتبار كعلاج؛ ولكن بالنسبة للألواح المتفتتة، وفي حالة ما إذا كان يمكننا تصور إجراء إعادة لصق للطبقات السطحية المنفصلة عن بعضها، فإن ذلك يُصبح صعب التنفيذ في عمق عنصر يكون قد تحول إلى «قطعة حلوى الميل فاي». ويكون علينا استبدال اللوح المتدهور بنحت جزء مشابه له

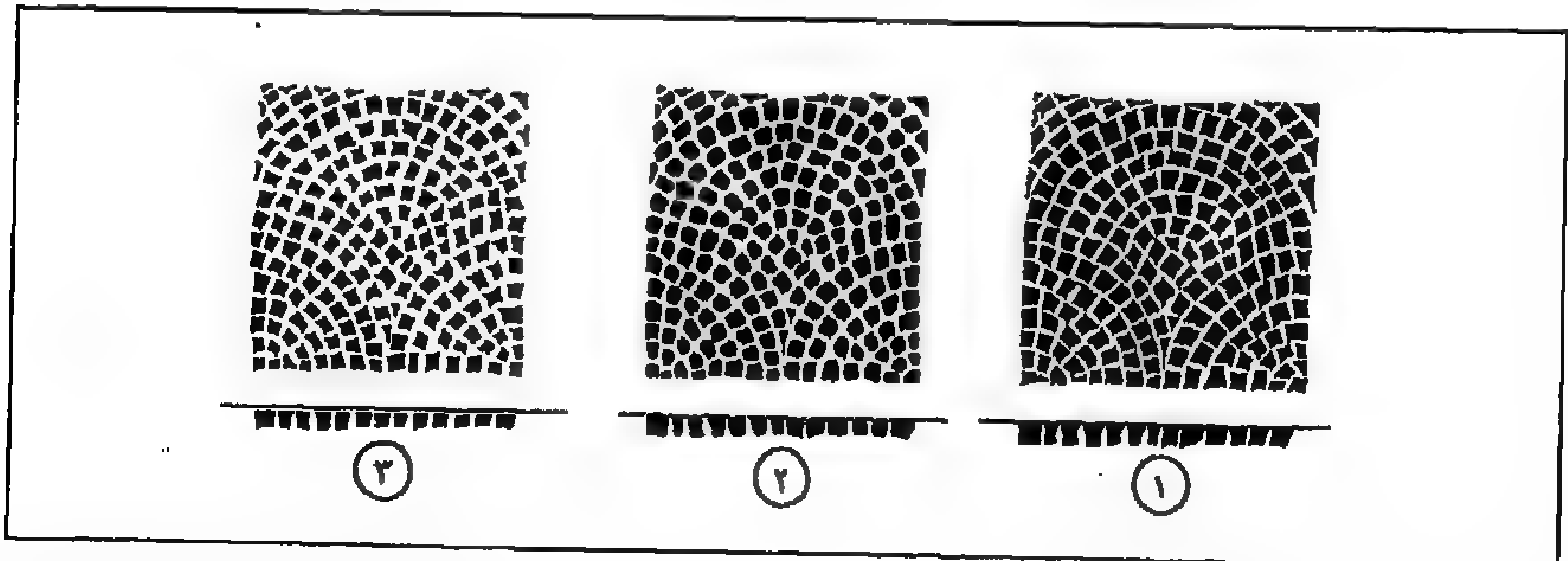
في شيست بحالة جيدة. ولكن هذا النوع من التدخلات يفرض مشاكل من النوع الأدبي، وبالذات إذا كان ذلك يتعلق بجزء كبير من المستند: فاختيار طريقة المعالجة - حفظ صفائح الشيست العليا المرتكزة على سناد تخليقي أو تعويض كامل للعناصر المتدهورة - يكون متروك إذا للقائم بالحفظ في الموقع أو للمتحف الذي آلت إليه الأرضية.

الأحجار الجيرية والرخام، الأقل عرضة للمخاطر يكونا عامةً محفوظان بشكل أفضل. ونوضح على أية حال أن تدعيم الأحجار الجيرية والرخام الذي أصابتهما الهشاشة يفرضان مشاكل خاصة مرتبطة بطبيعتهما، وحالة التدهور بهما، وكذلك باختيار المواد التي ستطبق عليهما. وتكون الصعوبة مزدوجة: فإلى جانب عمل تشرب حتى العمق، حتى لا نعمل على تصلب القشرة السطحية التي يكون لها قابلية الإنشقاق عن الجزء العميق غير المدعم، فإنه يجب علينا أيضا عدم إبدال مظهر السطح. ينتج عن استعمال بعض اللدائن التخليقية لمعان شديد الوضوح يُميزها بشكل قاطع عن الباتينا العتيقة.

وقد يتحتم إجراء نوع أخير من المعالجة بغرض إتمام تنظيف الأرضية: فالرسوبيات الجيرية الصلبة والتي غالبا ما تنمو على سطح المضلعات الرباعية، تشكل أحيانا غلالة نصف مُنفذة، وهي تخفي لحد ما الزخارف. وهي تزال على حسب مقدار انتشارها ومقاومتها، أما ميكانيكياً، بواسطة مشرط أو جلاخة مِكروية micro-meules التى عن طريقها يمكن التحكم في الحت المتدرج على كل مضلع رباعي، أو كيميائياً، باستخدام حامض مخفف، ويفضل العضوي منه الذي يتم معادلة مفعوله بعد ذلك عن طريق محلول قلوي، ثم بإجراء شطف وفير. هذا النوع من التنظيف الذي قد يكون في بعض الأحيان عدواني، يمكن أن يُصبح ملزماً لوجود تغييرات أخرى تؤثر على إستقراء الزخارف. والمعضلة التي يواجهها المرمم في هذه المرحلة من العمليات تقوده إلى تحديد الأهداف المرجوة من معالجة السطح بغرض العرض على الجمهور.

القاعدة الأساسية تكون الحفاظ على سطح الفسيفساء أو بمعنى آخر «بشرتها». فهي التي تحمل بصمة مرور القرون على المستند، من أول وضعه

في مكانه وحتى الكشف عنه بالتنقيب: التآكل للوصلات الذي يعطي لترصيعة الفسيفساء مظهرا مستديرا مبرزا كل عنصر فيها، النعومة للحجر الجيري والرخام الذي داست عليه الأقدام التي كانت تلمعه يوميا، البقع والتغير في الألوان، آثار التصادم والكلسنة، إلخ... كل تلك العلامات المتعددة التي تشهد على تاريخ البلاط، كانت تختفي بالصنفرة التي كانت تُجرى على السطح حتى وقت قريب؛ هذه المعالجة التي كانت تعمل بهدف خدّاع، ألا وهو إرجاع الفسيفساء لحالتها التي كانت تبدو عليها وقت استعمالها كانت تضر بها بشكل لارجوعي بدون أن تعيد مع ذلك إليها مظهرها الأصلي. تشكل المضلعات الرباعية بالتأكيد، وحدات غير منتظمة ذات مقاطع متغيرة حسب إرتفاع مستوى القطع: الإنقاص منها يغير إذا من النسبة فيما بين الأجزاء الممتلئة والفارغة، وذلك يتم عادةً بزيادة أهمية الوصلات (شكل ٢، الصورة ٦ و٧). المضلعات الرباعية tesselles أما وقد حُرمت من الجزء الأعلى منها، أو تقلصت إلى سمك عدة مليمترات في بعض الأحيان، فإن هذا يحيل الفسيفساء إذا إلى مستند بدون عمر أو نقوش، أصيب بالهشاشة نتيجة تعرضه لفقد في المادة. فمعالجة عناصر السطح لأرضية أصبح ينحصر في التغييرات التي تضر بالحفظ أو تؤثر على الاستقراء، مع إحترام التغييرات المتأصلة في تاريخها.

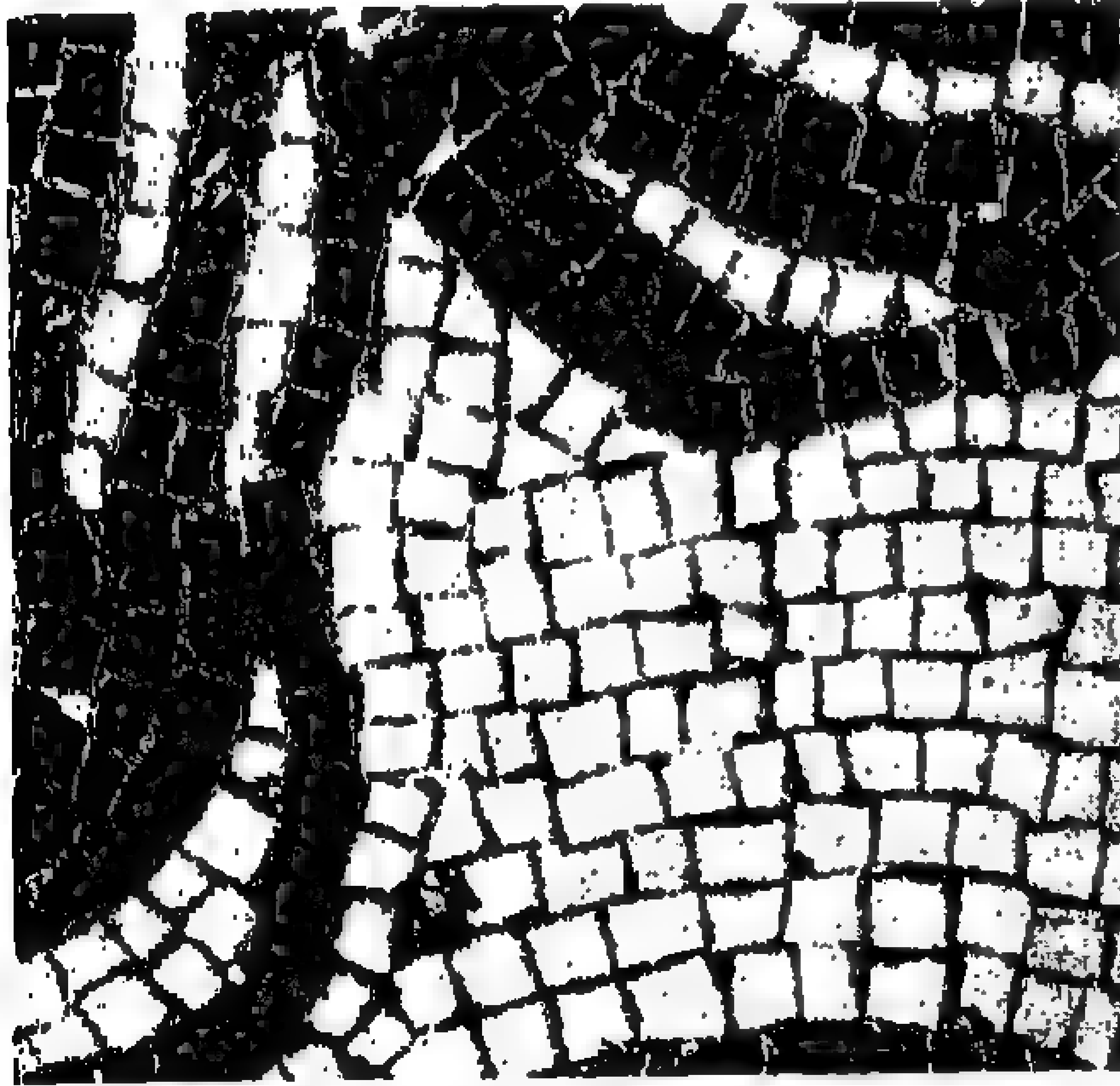


شكل ٢. تبدل لحالة السطح في قطعة فسيفساء. في (١) الفسيفساء بعد تنفيذها ويبدو فيها المضلعات الرباعية ذات الشكل الحدودي (الكنتور) الواضح والحواف الحادة ولا يظهر حوض التركيب إلا بشكل بسيط. في (٢) بعد الاستعمال والدفن تآكلت الوصلات، واستدار كنتور المضلعات الرباعية؛ وهذه هي «باتينة» الأرضية. في (٣) بعد الصنفرة حصلنا على إقلال في سطح المضلعات الرباعية وزيادة في سطح الوصلات.

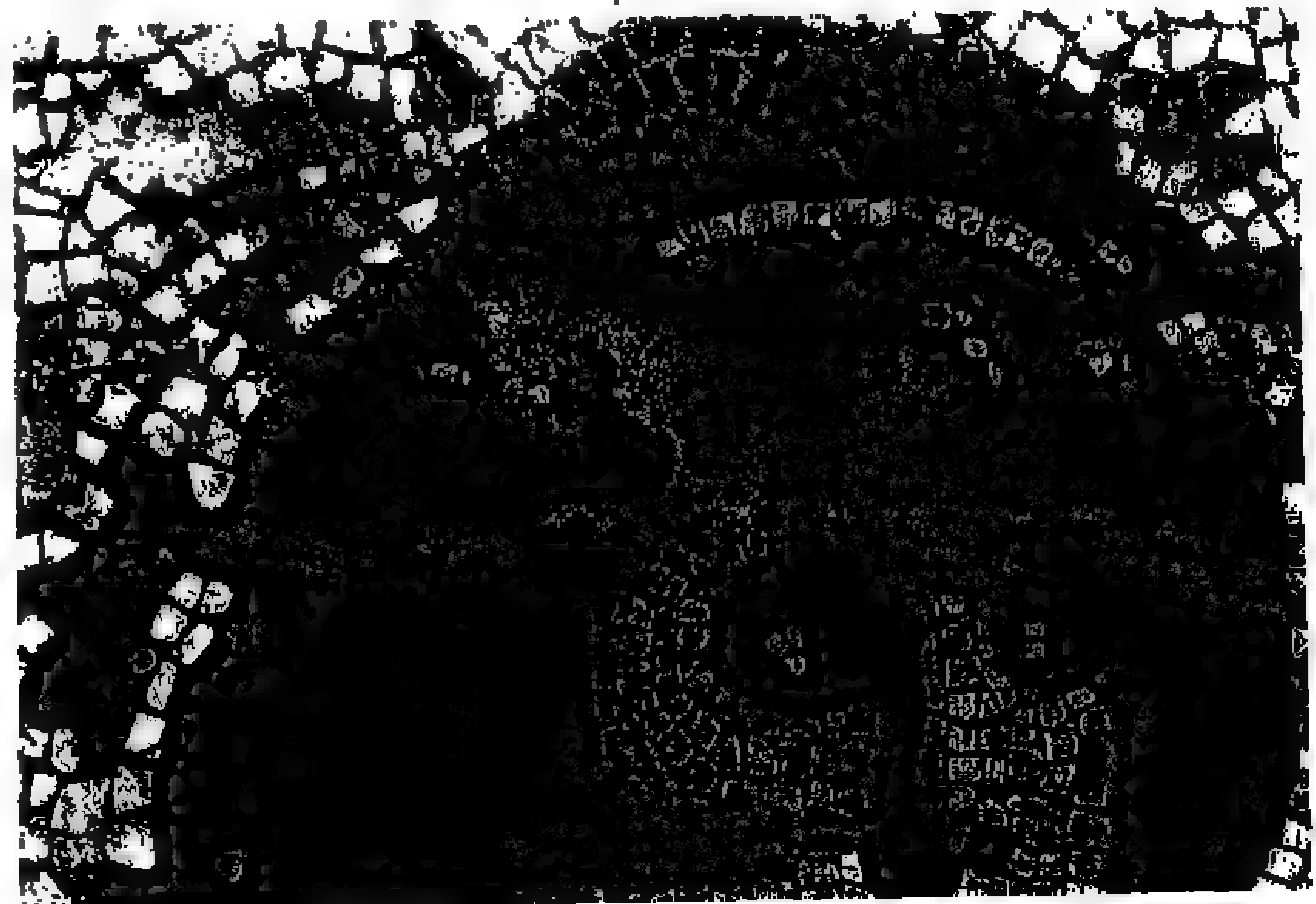
معالجة النواقص

المبدأ المعتمد على العمل على إستقرار المستند الذي اصابه الضرر عن طريق حفظ التدهورات التي يحملها، أصبح يطبق أيضا من الآن فصاعدا على معالجة النواقص. وقد كان من قبل يتم ملئها كلما صُودفت، وكان هذا يتم في الأرضيات وكذلك في الأشكال المصورة، حتى و إن إنعدمت الإرشادات على النموذج الأصلي، مع إستخدام مواد جديدة، حتى أن الفسيفساء كانت تتحول إلى عمل مُخلط يمتزج فيه بشكل غير واضح الأجزاء العتيقة والتدخلات الحديثة؛ وكان هذا يتم قبل إقرار الإشتراطات العلمية التي تفرض علينا اليوم إحترام أصالة المستندات. فمعالجة النواقص، وهي العملية الأخيرة التي تتم على سطح الأرضية، نتمسك عند القيام بها اليوم بتفضيل فهم المستند المعروض.





الصور ٦ و٧. في (٦) ترصيعة فسيفساء اصابها البرى بعد الاستعمال والدفن. في (٧) حالة السطح بعد الصنفرة (صور Paul Veysseyre).



صورة ٨. دهان من الجير طبق بشكل متراجع بالنسبة لترصيعة الفسيفساء (ڤيين، إيزار)
(صورة Paul Veysseyre).

كقاعدة عامة، يتم التعامل مع النواقص بشكل فيه تراجع بالنسبة لترصيعة الفسيفساء، بطريقة تظهر معها كأنها خلفية نُزع عنها الفسيفساء (صورة ٨). الدهان الذى تم تطبيقه في نواقص البلاط المرمم خلال العشرين سنة الماضية يأخذ شكل الملاط الخاص بالقراميد العتيق، ولكن لا يعتبر ذلك قاعدة فالهدف كان تحسين إستقراء الفسيفساء. وكان النسيج التركيبي واللون المفروض ظهورهما في المناطق التي أصابها التدمير يُعرفان إذا بدلالة خواص كل أرضية، ومن ذلك: أبعاد المضلعات الرباعية، النسق اللوني للزخرفة، كونها متعددة الألوان أو أبيض وأسود، نسب النواقص بالنسبة للأجزاء المحفوظة، وكانت تلك الاعتبارات إذا توجهنا للاختيار فيما بين قياس لنسبة الحبيبات granulométrie لحد ما دقيق أوغليظ، أو نحو لون لحد ما مستمر، يكون أحياناً بمبى أو أمغر (أوكر، نحاسي)، أو أحيانا أخرى فاتح جدا، قريب من الأرضية ذات البياض المكسور (أبيض مضاف إليه بعض اللون الأسمر) الخاصة بترصيعة الفسيفساء. هذه الدهانات تكون مركبة أساسا من الجير المضاف إليه أستات البولي فينيل، ومحملة بالرمال، ومسحوق الحجر الجيرى، والطوب المهروس أو الحجر المدكوك ذو الألوان المختلفة.

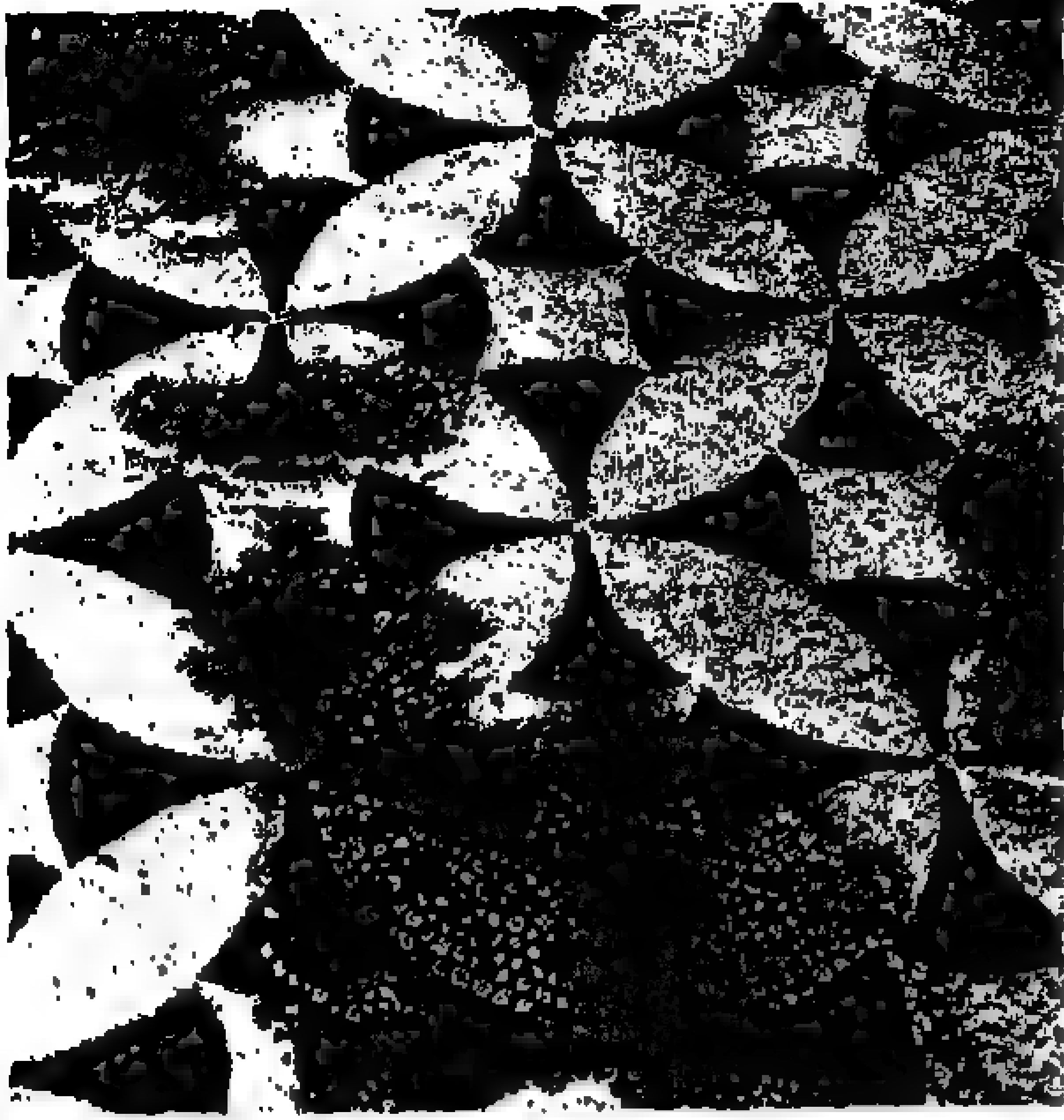
المناطق من الفسيفساء التي تم الحفاظ عليها تظهر إذا جلية بوضوح، منبثقة عن الأرضية المحايدة الباهتة مما يُبرز ترصيعة الفسيفساء. ولكن يبدو أن هذا الحد الأدنى من المعالجة يكون غير كافي، عندما يخل الزيادة في عدد النواقص ومواضعها من التناسب بين المناطق التي حفظت وتلك التي دُمرت، ولا يسمح إلا باستقراء عسير ومتقطع للمستند. قد تحتاج بعض الأرضيات إذا إلى معالجة موجهة إلى إستعادة التناغم المفقود. تعتمد الحلول المقترحة على حالة تدهور الفسيفساء، وعلى طبيعة زخارفها، والاشتراطات المتحسبة لعرضها: عرض رأسي أو أفقي في نطاق متحف، أو حفظ وإعادة تركيب في الموقع، وهذا يتيح الفرصة لأنماط مختلفة من التمييز، مغيرا بالتالي المقاييس التي سيتم الأخذ بها عند معاجة النواقص. إذا كانت القاعدة العامة هي الحفاظ على الأصل التاريخي للمستند عن طريق الحد

من معالجة النواقص فيه إلى أدنى مستوى، فإن الأمر مع ذلك يعني أيضا اعتبار المظهر الجمالي والتعليمي المزدوج عند عرضه. إبراز تلك القيمة يمكن أن يقود إلى القيام بمعالجات بعيدة أو قريبة المدى.

التدخلات التي يزمع القيام بها تقتصر عامةً على استرجاع التكوين الهندسي ليس إلا وتحاشي الزخارف المصورة. في الواقع، إذا اقتصرنا فقط على تجسيد التوجهات التى تمنحها إيانا البقايا المحفوظة بشكل مؤكد، فإننا سنمتنع عن القيام بأية محاولة موجهة لتحسين فهمنا لموضوع أو منظر متجزئ، قد يستدعي الأمر بلا مفر عند إعادة تكوينه إقامة فروض معينة. من هذا المنظور، يكون الشكل الهندسي وحده هو القابل للاستكمال. إن إقتراح الإطار والبنية الشبكية، أو في بعض الأحيان النقوش المتكررة في الفسيفساء يمكن أن يأخذ أشكال متباينة، وجهتها إسترجاع تأثير الوحدة في منظومة الشكل، عندما تعترضها فراغات تغير من التمييز فيها. أما في الأجزاء المصورة فإن الإحتفاظ بالنواقص لا يعوق إستقراء الشكل العام.

واحدة من الطرق ترتكز على الطبع بالحفر للخطوط العريضة للزخرفة، في الطبقة المطلية التي تسد النواقص: يشكل هذا تكوين ظلي مموه بفعل نوع الإضاءة سواء كانت جبهية (عمودية السقوط) أو سافة (متوازية السقوط)، طبيعية أو إصطناعية. هذه الصيغة الرصينة يمكن أن تطبق على أرضيات معروضة في محيط متحفي مزدحم، يستوجب فيها على الأرضيات أن تكون منسجمة بدون شد الأنتباه إليها على حساب المجموعات المجاورة.

يمكن للتدخل أن يظهر بشكل أكثر تباين، بالذات في حالة التكوينات الهندسية التي تم معالجتها باتباع مبدأ إبراز النواحي المتضادة، فالأشكال السوداء يمكن أن يعاد إحياؤها عن طريق الرسم على الطبقة المطلية، بدرجة لون أقل قوة من لون العناصر التي أجرى عليها الحفظ حتى لا تبرز النواقص بصريا على حساب ترصيعة الفسيفساء. هذا النوع من المعالجة الذي يناسب بشكل خاص عرض الفسيفساء على الأرض، يسمح باسترجاع التأثير الجمالي للشكل الكلي الناتج عن التنسيق الهندسي لها (صورة ٩).



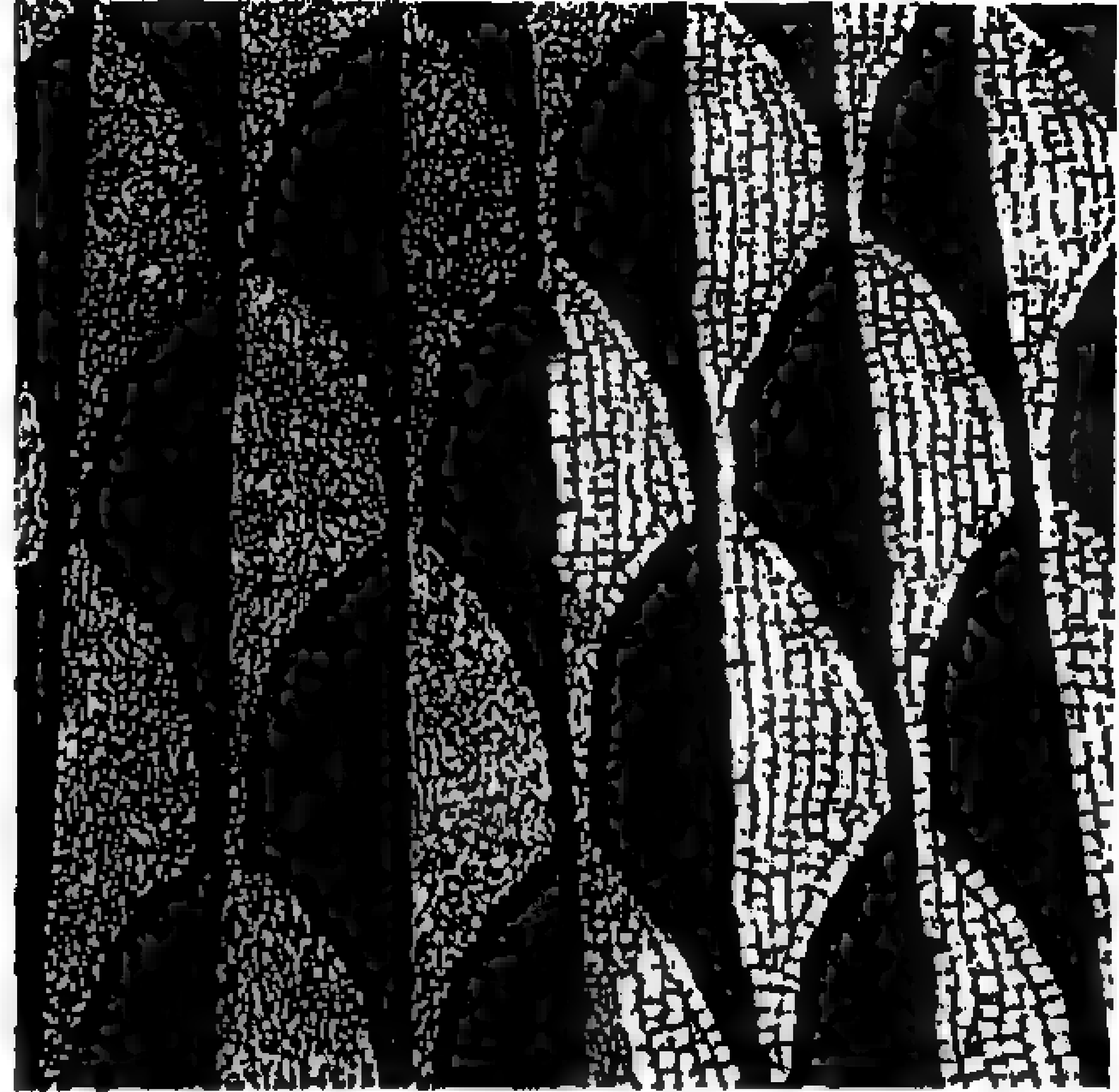
صورة ٩. إعادة إحياء تصويرية لتكوين من الحلقات المتقاطعة.
(Ste-Colombe-lès-Vienne تصوير Paul Veysseyre).

وقد تم تطبيق ذلك على بلاط من ڤيينة Vienne دُمرت أربعة أخماس سطحه وأعيد تركيبه في مكانه الأصلي، فإعادة إحياء الإطار والحلقات المتقاطعة أرجع إليه ترباطه، بدون إدخال لبس بين الأجزاء الأصلية والمناطق المعاد تجميعها.

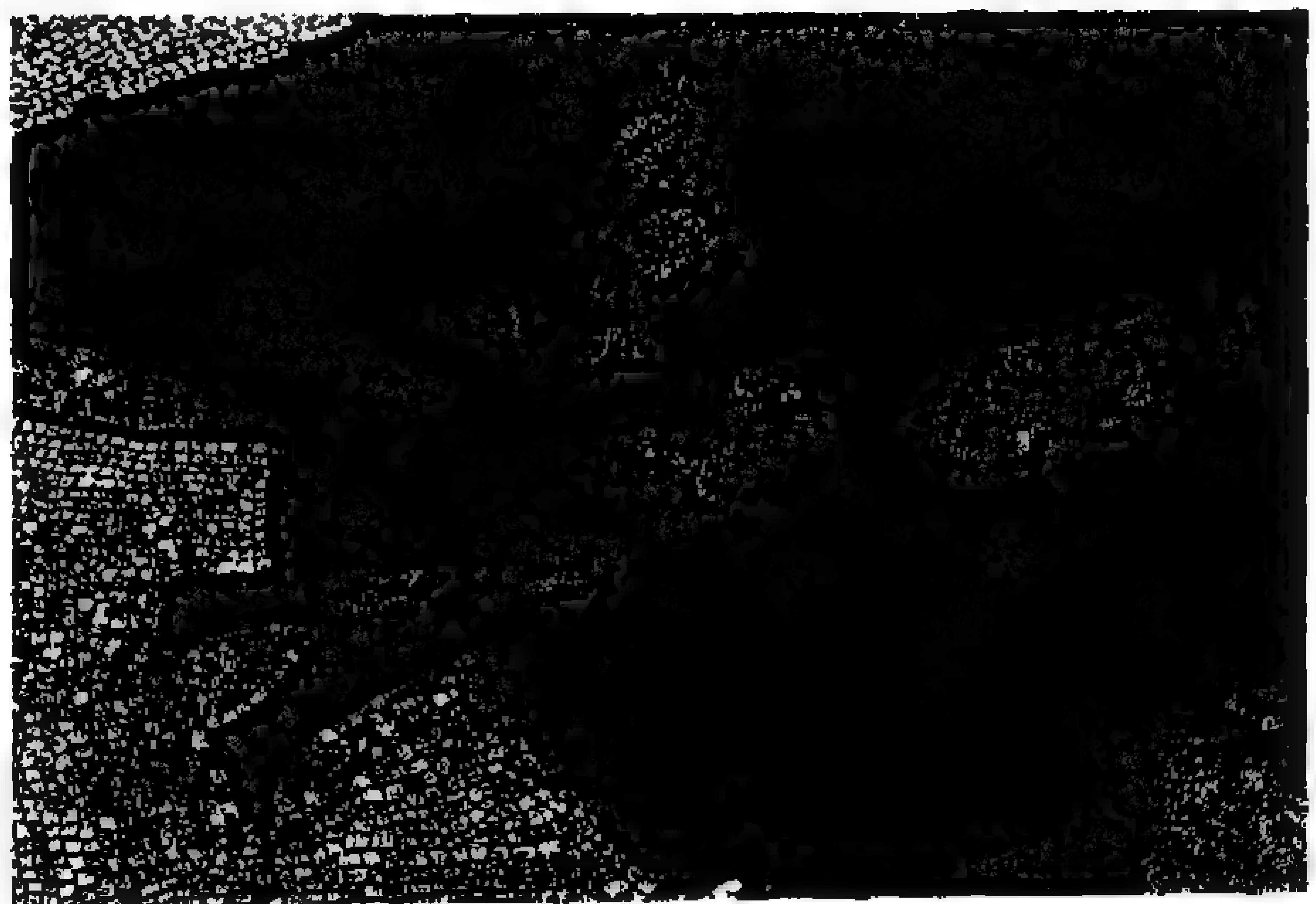
تم استعمال تقنية أخرى، من قبل مرممين ايطاليين، على بعض أرضيات Ostie : فقد تم سد النواقص بملاط محمل بالحجارة المتكسرة ذات اللون الأبيض والأسود والذى يضمن استمرارية الأشكال الهندسية. هذه الطريقة، الأقل هشاشة من السابقة، تسمو عليها لأنها حل يخص فسيفساء الأرضيات، فاستخدام مواد لها نفس الطبيعة يقيم فعلا علاقة حاذقة بين المستند والتدخل الذي أجري عليه ولا يمكن التفريق بينهما عن طريق الفروق في النسيج (صورة ١٠).

يمكن للبلاط أن يتعرض لإعادة تكوين أكثر عمقا، فيما يخص الزخرفة الشكلية عندما توجد حالة استثنائية تبرر ذلك (صورة ١١). غير أن بعض أمثلة التنفيذ غير المُرضي، لم تسهم على الإطلاق في توجيه الأبحاث ناحية لتلك الوجهة، مثل تلك الحالة التي إستكمل فيها شكل مصور متكسر باستخدام خطوط طولية غير مرنة من المضلعات الرباعية أو سطر تم عمله غالبا دون مهارة، مغيراً بذلك من الطبيعة الأصلية بدلاً من إبرازها. بعض

الطرق الأخرى يمكن بالتأكيد اختبارها، من وحي الأساليب في مجال الرسم، حيث يسمح بالفعل التراتيچيو trattegio في إحتواء النواقص بدون خلط محتمل بين الجزء الأصلي والتدخل.



صورة ١٠. إعادة إحياء تكوين هندسي باستخدام ملاط محمل بالحجارة المدكوكة السوداء والبيضاء (Ostie، إيطاليا، تصوير Hugues Savay-Guerraz).



صورة ١١. صف من المضلعات الرباعية على أرضية من الاسمنت معيدةً لإحياء شخص مصور (Volubilis، المغرب، تصوير Evelyne Chantriaux).

وهكذا كما صورت الأمثلة العديدة، فإنه لا يوجد حل عام قابل للتطبيق لمعالجة نواقص كل الأرضيات، ولا حتى حل «مثالي» لأي منها، و لكن على الأحرى مجموعة متعددة من الاحتمالات ودرجات التدخل (بالنسبة لهذا الاعتبار الأساسي انظر P. Philippot, 1977).

يتم تقدير النواقص في كل حالة بشكل مختلف، فبالنسبة للأرضيات المرفوعة، تعطينا طبيعة التدخلات اللازمة ذاتها الحق في بعض الحرية. وعلى هذا يمكن أن تُضفي المعالجة شخصية جديدة للفسيفساء المعروضة رأسيا في صورة لوحات من الحجر، على حين لا يُكتفى فقط بنزع الشكل الوظيفي عنها والذي يميزها كأرضية، ولكنها تفقد انسجامها الزخرفي أيضا. ومن جهة أخرى يجب التأكيد على أن العملية الإنعكاسية التي تطبق في فراغات الفسيفساء، أو بشكل أدق على السناد الحديث الذي ألحقناه بها والتي نراها في كل النواقص، تلك العملية لا تستنزل بأى حال من قدر المستند نفسه، حيث أن العمليات السابقة، من أول الرفع وحتى معالجة الأسطح تمثل اختيارات أكثر ثقلا في تبعاتها: فبعد إنتزاع الأرضية من محيطها، وتحويلها إلى عناصر سطحية، ثم فردها وإعادة تركيبها على سناد جديد، فإن معالجة تلك النواقص لا تشكل في النهاية إلا المرحلة الأخيرة من سلسلة طويلة من التدخلات التي تم عملها بهدف نهائي ألا وهو العرض على الجمهور، فيكون من الواجب الانتهاء منها بنفس الأمانة والموضوعية والثبات، كسابقاتها.

والأمر يكون مختلف تماما بالنسبة للأرضيات التي يُحافظ عليه في موضعها الأصلي *In situ*، والتي طبق عليها إجراءات صارمة للتدعيم والحفظ الوقائي. فلم تعد مشكلة النواقص إذا تطرح نفسها كمعادلة أركانها الأجزاء الممتلئة والفارغة، والمادة الأصلية الناقصة التى تُظهر سناد حديث من الواجب تغطيته حتى نعيد إحياء الوحدة البصرية للمجموع. فهذا اللباس الظاهري لا يصبح له مبرر بالنسبة للأرضيات المحفوظة على سنادها الأصلي: فالنواقص، التي تشكل ثقوب لحد ما منبسطة، عندما تنحصر الفسيفساء في صورة مكوناتها السطحية، تأخذ طابع ثلاثي الأبعاد قابل للتنقيب.

فعلى حسب عمقها، تُظهر النواقص الصورة السلبية (نيجاتيف) للمضلعات الرباعية المطبوعة في حوض التركيب، وشقفات تثبيت الركام، وملاط السناد. في حالة الأرضيات المركبة على فرن أرضي (غرفة فرن تحت الأرض للحمامات أو التدفئة) hypocauste فإن النواقص تخلق فراغا حقيقيا يتيح رؤية البنية التحتية للغرفة تحت سمك المدماك: الأعمدة القصيرة pilette الرافعة للسقف المعلق suspensura، والموقد. في مكان آخر، فإن تلك النواقص تكشف عن أرضية كانت لمحل سكن سابق: سيجنينوم signinum أو ترازو terrazo أو فسيفساء مكونة من مضلعات رباعية tesselles. إذا كانت النواقص تعيق دائما إستقراء الزخارف فوجودها يأتينا اذا بفهم تاريخي وتقني أفضل للمستند، ويمكن حينئذ تصور الإحتفاظ بها، كوسيلة تمنحنا إرتياد هذا المدخل بشكل موسع. ولكن سدها يبقى عامةً الحل الأكثر فطنة. النواقص تكون نتيجة محصلة، إلى جانب كونها أيضا منبع للتدهور الذي يصيب سطح أو سناد الفسيفاء، وهي تتطلب بالقطع إحتياطات خاصة لمحو عملية التغيير الخطرة التي تشارك هي فيها. ترتبط معالجة النواقص بحالة الأجزاء المحفوظة، ويمكن إذا أن تتضمن سدها، عندما تشكل خطراً على التماسك الفيزيائي للبلاط ولا يبدو هناك اى حل يمكن عمله تجاه ذلك، أو يمكن العمل على استقرارها، وذلك بتدعيم صفوف المضلعات الرباعية التى تحدها وملاط الأرضية: حوض التركيب والنواة nucleus والريديس rudus.إن نجاح هذا النوع من المحاولات يكون متوقف على اختيار المواد التي يتم تطبيقها، سواء كانت نمطية أو تخليقية وعلى نوع التشرب، سواء كان في العمق أو سطحي، وعلى انتظام صيانة حالتها وفاعلية طرق الحماية التى تخضع لها الأرضية. إن عملية التدهور، التى نوقف عملها بالمعالجة الموضعية، يمكن بالفعل أن تعاود الظهور من جديد تحت تأثير الإعتداءات الخارجية. وهنا، نتعرض لمدى تعقيد المشاكل المطروحة عند حفظ الفسيفاء في موضعها الأصلي.

حفظ الفسيفاء في موضعها الأصلي

تم في الجزئين السابقين استعراض مفصل للسياق الزمني لعمليات ترميم الأرضيات المرفوعة. بداية من رفعها وحتى عرضها على الجمهور. وتتناول العملية الأخيرة مسألية أكثر تعقيدا.

لقد أمكن عن طريق الوعي بالمشاكل المطروحة الذي أرساه ترميم الفسيفاء وتطور تقنيات الرفع والتركيب على سناد جديد خلال الثلاث عقود الماضية من القيام بالإنقاذ المادي لعدد متزايد من المستندات. ولكن تبقى هذه العمليات محدودة جدا بالمقارنة بالإحتياجات التى تتطلبها حالة الفسيفاء والوفرة الموجودة عليها، وهي وإن تركت في موضعها الأصلي فستكون مهددة بالزوال. هذه الحالة تعنى بصفة خاصة بلاد حوض البحر المتوسط الغنية بالأرضيات العتيقة وإلى جانب ذلك فهي غير مجهزة بشكل كافي بالوسائل المادية اللازمة للحفاظ عليها. غير أن البلاد المجهزة بشكل أفضل والمعدة بالورش والفنيين، تجابه كذلك مشكلة الحفظ في ذات الموضوع الأصلي *In situ*.

في فرنسا، نجد هذه المشكلة تظهر في الفسيفاء المُكتشفة خلال العقود الأخيرة في بعض المواقع الجالورومانية المحافظ عليها.

في الواقع، فإنه سواء أقمناها على سناد جديد أو أبقيناها على الملاط الأصلي لها، فإن أغلب الأرضيات المحفوظة في موضعها الأصلي يبدو عليها تدهور يُنذر بالخطر. هذا التقرير الذى ينطبق أيضا على الفسيفاء الموجودة في مواقع خارج فرنسا، لا يقودنا أبدا إلى اختيار العرض في المكان الأصلي، في حين تمنحنا المتاحف ظروف حماية قصوى. ولكن إلى جانب ذلك فقد تطورت نظرة أكثر حداثة مرتكزة على خاصية عدم التفريق فيما بين الأرضية ومحيطها المعماري.

لا يمكن لنا تصور التركيب repose في الموضع الأصلي بدون أن تصاحبه تقنيات تركيب مناسبة واحتياطات حماية فعالة، موجهة إلى تجنب القصور والأخطاء في الماضي والحاضر. ولكن اختيار التكوين المطلوب إقامته يفرض مشاكل معقدة من المنطلق التقني، والمالي، والجمالي، والأثري، تكون مرتبطة بإنشائه في محيط عتيق.

تلك الصعوبات بالإضافة للخوف الذي له ما يبرره من القيام بمراقبة غير منتظمة للفسيفساء المعروضة في موضعها الأصلي، تُرجم في فرنسا إلى حالة من الجمود حدت من الإنجازات، إلا من بعض الأمثلة النادرة.

غير أن، تطور العقليات يوجه البحوث نحو إمكانيات المحافظة على الفسيفساء في الموضع الأصلي لها بدون القيام بالرفع: هذه المحاولات تطبق على الفسيفساء المحفوظة في مكانها، عندما تؤدي وفرتها إلى تخطينا لإمكانياتنا التقنية والمالية إذا ما قمنا باقتطاعها، ومن ناحية أخرى عندما تسمح حالة الحفظ بها بالقيام باحتياطات تدعيم في أماكن موضعية وعمل صيانة منتظمة، يكون هدفها إبطاء، وربما منع تدهورها. غير أن الحفظ في الموضع الأصلي بدون رفع يتواءم في الحالة المطلقة مع الإدراك الواعي حديثا بمفهوم البتر اللارجوعي للأرضيات المقتطعة والمعاد تركيبها على سناد جديد. هذا المفهوم المثالي يصطدم بمشاكل للتقادم والتغيير غير قابلة للحل تتعرض لها الفسيفساء في موضعها الأصلي مع التكوينات المتاخمة لها بشكل لا يمكن تفاديه، ولكنه يفصح عن الأهمية التي يكتنفها الحفاظ على المستندات في محيطها الأصلي.

العديد من الحالات الملموسة والموزعة على الكثير من المواقع العتيقة والمواقع من العصور الوسطى والتى كانت أمدتنا بالفسيفساء قد تبين صعوبة حفظها في موضعها الأصلي. فكل حالة تكون خاصة بذاتها: من حيث التقنية، وحالة التغيير، وقدم الاكتشاف، والمناخ، والطبوغرافيا، وبالذات مستوى الاحتياطات المأخوذه عند الحفظ من بدء إزاحة التراب عنها. الكثير من المواقع ورثت اليوم أوضاع خارجة عن سيطرتنا، وهي وليدة توابع أفعال بعض السابقين لنا الذين كانوا ينقبون في مساحات بالهكتار عن الآثار بدون أى تفكير لما ستؤول إليه، متلفين بذلك تراث لم يبقوا مسيطرين عليه.

ولا يكون من المعقول الادعاء بالسيطرة على موضوع واسع ومتشعب كهذا. وستقتصر الغاية هنا على إعطاء صورة للإحتياطات التقنية القابلة للتطبيق على أرضيات مخصصة لغرض الحفظ في الموضع الأصلى بعد

الكشف عنها، وذلك بدءاً من عمل فحص لمختلف أنواع التدهورات التى يمكن أن يتعرض لها، مع الإشارة إلى بعض الحلول التى تم تجربتها في فرنسا أو أى مكان آخر، من أجل القيام بهذا النوع من الحفاظ.

تدهور الفسيفساء في موضعها الأصلي

عند اكتشاف الفسيفساء، تكون الأرضيات بها تغييرات مختلفة في مكوناتها وبنائها، وذلك على حسب جودة أساسها التحتي sous-bassement، وظروف استخدامها، ودفنها والكشف عنها.

نادرا ما يكون الإستواء الأصلي قد حوفظ عليه: فيكون قد أصابه هبوط في التربة الذي عادةً ما يصاحبه شروخ وتشققات. تنتج تلك التشوهات عن الإجهادات الميكانيكية التي تعرضت لها الفسيفساء: جهود انضغاط ناتجة عن تراكم طبقات الهدم فوق الأرضية، تكدس الأرض المجاورة لها، الجذب والشد الناتجان عن الحوائط والأبنية المحيطة بها. يتضح أن مقاومة الأرضيات لهذه الإجهادات الخارجية العنيفة تكون لحد ما متغيرة حسب خواصها الذاتية لطول البقاء.

تشكل طبيعة السناد والبنية التحتية معامل أساسي: فالإنشاء فوق سقف معلق suspensura يجعل الأرضية أكثر عرضة بالفعل للإجهادات الميكانيكية الخارجية. الحالة التى إكتشفت عليها أغلب الفسيفساء المقامة على فرن أرضي hypocauste، من حيث كونها هابطة ومتشققة وأحيانا مثقوبة بنواقص فاغرة، تترجم الهشاشة المرتبطة بأساساتها الموضعية. يشكل انهيار الأعمدة الصغيرة pilettes السبب الاكثر شيوعا لهذه التدهورات، فإستعادة قوالب الطوب المكونة لها يمكن أن يفسر إنقلاب بعض الأرضيات المكتشفة رأسا على عقب على هيئة كتل غير مرتبطة ببعضها. ولكن بالمحاذة لهذا الضرر الذى يكون قد أصاب إستوائها، فإن ترابط مكوناتها ذاته غالبا لا يُمس. الملاحظات التى تم جمعها تكون بلا شك محدودة، ومع ذلك، فتلك الصلابة لبعض الفسيفاء المقام على فرن أرضي يمكن أن تُفسر بالعناية الخاصة

التى تطلبها إنشاؤها والتي تم التعامل معها بشكل أكثر دقة من ذلك المقام على مستوى واحد، ونتيجة لوضعها المرتفع عما حولها: فهي بذلك تكون معزولة عن نشوع المياه نتيجة للفراغ الذي خلقه السطح المعلق suspensura، ومقامة على ملاط منضبط المعايير من الجير ومن شحنة تم إختيارها بمهارة (كثرة تواجد قطع القراميد الصغيرة تشكل عامل أساسي لطول البقاء والتي تظهر أيضا في بعض أطلية الأحواض المانعة لتسرب الماء)، وبهذا كانت الأرضيات تجمع شروط في صالح عملية حفظها.

وهكذا فإن طريقة التشغيل، المرتبطة بالعصر والتقنيات المعمول بها ومهارة العمال والمواد المستخدمة تلعب دورا قاطعا في حالة حفظ الأرضيات، أثناء استعمالها وبعد فترة من ذلك. الضغوط الميكانيكية التى تسبب لها ضرر شديد لحد ما لا تخل بالضرورة من حفاظنا عليها - إلا في حالات استثنائية- فبعض الأرضيات المقامة بمتانة على أساس statumen موفرا عدم نفاذية الماء منه، بحيث أن المدماك يكون قد تم ترابطه وتحميله بالمواد المختلفة بعناية، هذه الأرضيات قد عبرت سنوات من الاستخدام و قرون من الدفن ولم تتعرض إلا إلى ضرر طفيف: فهبوط التربة قد يعمل على تشكلها، والشقوق يمكن أن تجري فيها، ولكن مدماكها الذي بقي معاف حافظ على تماسك المواد المكونة لها. يمكن مراجعة ذلك في أغلب الأعمال من نوع تيرازو terrazo أو سيجنينوم signinum، والتى تكون عناصر السطح فيها ملتحمة مع الملاط بدون تكوين طبقة واضحة: ذلك التماسك للمكونات - رابط، ومكونات مُحملة وكسور زخرفية - يشكل عامل صلابة (وعلى ذلك لا تخلو عملية رفع ذلك النوع من الأرضيات من الصعوبة). والأمر يختلف تماما بالنسبة للأرضيات التى بها تكسية للسطح مطبقة على مدماك منفذ على عدة طبقات: هذا التكوين الطباقي يشكل فعلا عامل ضعف يقود غالبا إلى فقدان التصاق ترصيعة الفسيفساء في قطع الفسيفساء وإلى انفصام طبقة الرخام من البناء الركامي opus sectile. فتشقق غير معتن به أو ظروف دفن غير مناسبة، تتسبب إذا في تدهور المدماك وتؤدي إلى إنفصام عناصر السطح.

على حسب درجة تقدم تلك العملية يبدو تدمير البلاط لحد ما حتمي.
يتعرض الملاط للضعف بفعل حت الماء عندما يتسبب غياب الأساس statumen في أى صرف للمياه أوعن طريق تأثير التجلد إذا كان المستند مدفون عند عمق بسيط، أو قد يصيبه التغيير من مهاجمة بعض أوساط الدفن التى تعمل الحمضية بها على ذوبان المواد الجيرية أو أن يكون فقير في الجير من بداية تركيبه، وبذلك يتفتت الملاط بالتدريج حتى ينفصل مدماك تكسية السطح وتدمر الوصلات بين العناصر القياسية المكونة له. يمكن لنا الكشف عن حالة الفسيفساء قبل هذا الفقد في التماسك، ولا يكشف عنها إلا عن طريق الصوت المنبعث من المناطق المجوفة الفارغة عند اختبارها بعمل جسات موضعية أو أوسع شمولا. ففي أثناء عملية تخليصها، عندما تكفي سن المسجة (مسطارين) أو مجرد وطئها بالأقدام، لزعزة ترصيعة الفسيفساء، ويسمح هذا بالاستنتاج بشكل فورى بوجود حالة من التماسك الضعيف: فحوض التركيب والوصلات قد تم استبدالهم بالطينة، وهي تحافظ على الترابط بين قطع الفسيفساء بعضها البعض وبين السناد عندما تكون رطبة، ولكن جفافها يتسبب حتميا في تفككها. وفى بعض الحالات تدخل جذور النباتات حيث لا يجب أن تكون تحت ترصيعة الفسيفساء، رافعة قطع الفسيفساء على مر نموها. وقد تكونت بعض النواقص بإسهام من عوامل خارجية مثل: نمو تلك الجذور، مرور حيوانات حفارة، تدخلات من الإنسان مرتبطة باستخدام قطعة الأرض التى تغطي الفسيفساء (نشاط زراعي في المجتمع الزراعي، أو إقامة منشآت في المجتمع الحضري).

وأخيراً فإن مواد تكسية السطح نفسها يمكن أن يظهر بها تلك التدهورات السابق ذكرها (انظر معالجة السطح). يغير الكشف عن البلاط من حالته التى وجد عليها وقت الكشف. فالتنقيب يُحدث بالفعل إختلال مفاجئ في توازن الظروف التي كان المستند مستقر فيها نسبيا على مر القرون: فنزع الماء منه نتيجة لإزالة الطبقات، التي في ظل مناخنا المعتدل كانت تحفظه في وسط رطب، والإعتداءات المتعددة التى يجابهها تعجل من عمليات التدهور التى بدأت بالفعل، وتخلق الجديد منها.

المطر المنهمر لأوقات ممتدة والتغيرات المناخية، وبالذات دورات تجلد-ذوبان الجليد، تفلق الملاط، وتزعزع تماسك مدماك تكسية السطح وذلك بتفكك العناصر المكونة له، مسببتا تشظي قطع الفسيفساء المسامية، وتفتت المواد ذات الطبيعة الرسوبية. التلوث الجوي بالقرب من المناطق السكنية والصناعية، والطرق ذات الكثافة المرورية، يمكن أن يهاجم المُركبات الجيرية (وبالأخص بسبب فعل هانيدريد الكبريتيد anhydride sulfureux والذي يتحول مع رطوبة الجو إلى حامض كبريتيك acide sulfurique. ييسر دخول الاكسوجين، مع الرطوبة الموجودة في البلاط، ظهور كائنات نباتية مِكروية، طحالب، وحزاز (بهق الحجر) والتى تتسلل في الشقوق وتجتاح تدريجيا قطع الفسيفساء، إحدى ظواهر تميز ذلك الشكل الخاص من التغييرات هو نمو طبقة داكنة سمراء أو رمادية، وأحيانا سوداء على سطح الفسيفساء مما يجعل الزخرفة بها غير واضحة. بعد التنظيف تُظهر قطع الفسيفساء تغير في نسيجها الظاهري: إعتام للألوان وزيادة في المسامية. فيفقد الرخام نعومته، والأحجار الجيرية ما لها من كلس، ويجعلها ذلك التآكل، المتسببة فيه الكائنات المِكروية، أكثر عرضة لهجوم العوامل الجوية. الإصابة بتلك الكائنات النباتية تهدد أيضا الأرضيات التي تم الكشف عنها: فالتربة المتراكمة في الوصلات والشقوق والنواقص وجنبات الحجرات، في حالة ما إذا كانت الحوائط محفوظة جزئيا، كل ذلك ييسر من تنبيت البذور. ويقود مد النباتات لجذورها ونموها وانتشارها المحتوم إلى إجتياح الفسيفساء بشكل مذهل، التى تتحول في وقت طال أم قصر إلى كومة المضلعات الرباعية المتناثرة في شبكة من النباتات.

ائتلاف كل عوامل التدهور تلك يتسبب عنه تدمير يكون أحياناً سريع جدا للأرضيات التي كُشف عنها. في فرنسا، كما في خارجها، قد اختفى بذلك الشكل الكثير من المستندات المتروكة بعد الكشف عنها.

السبل التقنية المرتبطة بحفظ الفسيفساء في موضعها الأصلي

التدعيم الموضعي (النقطي)

تتوجه السبل التقنية المتبعة على حسب حالة الفسيفساء عند إكتشافها. يجب علينا تدعيم الأجزاء التي أصابتها الهشاشة عن طريق: العمل على تماسك حواف الأرضية الذي إنفصل عن حوائط الغرفة باستخدام ملاط جيري وذلك بغرض تجنب إنخلاعه تدريجيا. يجب علينا أيضا العمل على استقرار النواقص: باستخدام مضلعات رباعية في حالة النواقص النقطية، أما عندما تكون تلك النواقص متسعة بشكل أكبر، فبملاط يوضع كسدة en solin أو تملأ به بشكل تام؛ بالنسبة لاختيار اللون، والنسيج، أو إحتمال إعادة إحياء الزخرفة، فإننا نُرجع القارئ إلى الجزء الخاص بمعالجة النواقص. تتلخص القيود التقنية الحاسمة في منع إتساع النواقص، بغض النظر عن التأثير الجمالي المطلوب: فمخاطر تشقق وتراجع الملاط المستخدم في السدة يمكن التصدي لها، عن طريق إدخال إضافات مخصصة لزيادة الإلتحام والمرونة مع تجنب استخدام الأسمنت، فصلابته الزائدة عن اللزوم لا تسمح بالفعل بأي ترابط مستديم مع السناد العتيق. فقدان الإلتحام الموضعي بين ترصيعة الفسيفساء والمدماك الخاص بها يستوجب أيضا إحتياطات فورية، قبل أن يؤثر الضرر على ترابط عناصر السطح فيما بينها: فيمكن اللجوء إلى حقن بواسطة محاقن لملاط مناسب من الجير أو رابط تخليقي، والصعوبة تتلخص في تأكيد نفاذ مادة الإصلاح على إمتداد الفراغ الموجود، وإقامة رابط مقارب ميكانيكيا لذلك الخاص بالملاط العتيق. الخلائط المختلفة التي يمكن تطبيقها نجدها مُفصلة في المجلد الثالث المنشور من قِبل اللجنة الدولية لحفظ الفسيفساء (Mosaïque, 1983). لا سيما أنه مذكور بها تجارب للتدعيم تم عملها بنجاح على الفسيفساء الجدارية في Torcello باستخدام خليط من الجير الأبيض مضاف إليه مسحوق الطوب الأحمر وبوليمار مشترك (كوبليمار) أكريليكي copolymère acrylique. قد أمكننا كذلك، عن طريق حقن البريمال Primal، الحصول على نتائج مرضية لتدعيم بلاط Ostie.

عندما يبدو أن كفاءة الحقن غير محققة في حالة إنتفاخات بارزة وتفكك واضح للمضلعات الرباعية، فإن المناطق غير الملتصقة يمكن أن تُرفع، ويمكن التحكم بشكل أفضل في إعادة تركيبها على ملاط جديد بعد إزالة رسوبيات التربة وحوض التركيب العتيق.

إعادة التركيب في الموضع الأصلي

عندما يتضح أن ترصيعة الفسيفساء قد إنفصمت تماما عن مدماكها، لا يكون من الممكن أبدا تأمين حفظها بدون رفع: فاقتطاعها يسمح إذا باستخدام سناد جديد لتوضع عليه. يكون من الضروري تحضير نظام يعزلها عن نشع المياه، وبالذات في المناطق ذات الأمطار الغزيرة أو في وجود مستوى مياه جوفية عالي، ومن ناحية أخرى يجب عمل مدماك مستقل للحوائط المحيطة بالحجرة؛ فالتكدس والإجهادات التى تتعرض لها تظهر آثارها بالفعل على سناد الفسيفساء، محدثةً شبكة من الشقوق والكسور بشكل سريع لحد ما، وبالمحاذاة لذلك فإن سحب بلاطة الخرسانة المسلحة بعد تركيبها يجب أن يتم بشكل حر، بدون التعرض للاقتلاع في حالة ترابطها مع الحوائط. نظام البلاطة العائمة على فراغ صحي vide sanitaire والمنفصلة عن الحوائط عن طريق وصلة (جوان) محيطية، ومنفذة في صورة قطع منفصلة (ترنشات) متعددة، موضوع بين كل واحدة والأخرى وصلة تمدد، هذا النظام يمكن أن يمثل سناداً جيداً. إن عمل عزل يطبق من البداية على أساسات المنشآت الرأسية المحيطة بالملاط، في صورة طبقة من القار (الزفت) أو أى تكسية طبقية معدة بشكل أفضل مثلما نجد اليوم في صناعة البناء، سيسمح فضلا عن ذلك بتجنب انتقال الرطوبة من الحوائط، ويمكن تركيب الفسيفساء على هذا المدماك الجديد بعد تمام استقراره.

وتظهر إذا مشكلة تثبيت الفسيفساء والصعوبة تتلخص في التأكيد على إلتصاق عناصر السطح بسنادهم الجديد، مع تمكين السبل لإمكانيات إعادة الرفع المستقبلية.

ويبدو لنا حلان، الأول يرتكز على إعادة وضع الفسيفساء بشكل مباشر وهذا يعني وضع ترصيعة الفسيفساء (بعد تخلصها من آثار السناد القديم)

على ملاط طازج. ولكن يكون من الصعوبة التحكم في إستواء شرائح الفسيفساء، بسبب المرونة المرتبطة بتركيبتها ذات الوحدات المنفصلة: فيمكن للحواف أن تهبط بالفعل مخلفةً خطوط فاصلة متراجعة بالنسبة لمركز كل شريحة، يكون هذا النظام بدون شك أكثر مواءمة مع ترصيعة الفسيفساء التى تم رفعها كجزء واحد، مثلما فعل R. Wihr مع فسيفساء من منطقة Trèves، تم رفعها باستخدام آلة اسطوانية rouleau ثم ركبت على طلية من الملاط الطازج: تبقى الإشكالية الخاصة بطبيعة حوض التركيب الذي يجب أن يوفر الترابط بين ترصيعة الفسيفساء والسناد الموضوع. فعدم الرجوعية المعروفة للأسمنت عند زيادة نسبته، ومقاومته المعدومة لقوى الشد، وتراجعه عند الشك يمنعنا من الآن فصاعدا من استخدامه. يشكل الجير بدون شك رابطاً أكثر ملائمة، ولكن صفاته الميكانيكية الضعيفة بعض الشئ يكون مطلوب تحسينها. أستات البولي ڤينيل في المحلول المائي (مثلا Mowilith D وD 025) يمكن لها أن تزيد من القدرة على الإلتحام والمرونة، والقليل من الأسمنت الأبيض يزيد من المقاومة الميكانيكية، وتبقى التجربة وحدها – لطبيعة ونسب المكونات (الجير والأسمنت يتم تسويقها تحت عدة أشكال) وللإضافات والشحنات– هي التى يمكن أن تحدد التركيب الأكثر ملاءمة، وذلك بعد ملاحظة عينات تم وضعها في نفس الظروف المتوقع وجود الفسيفساء فيها. يكون القيام بالتركيب في الموضع الأصلي مع هذا النظام للوضع المباشر أقل تكلفة، وعمل طبقة تحضيرية pré-stratification للألواح المكونة للأرضية بغرض ضمان التقوية يمكن من جهة أخرى أن يسهل من التركيب في مستوى ثابت، ولكن هنا أيضا يجب التمحيص في البحث عن المادة المراد استخدامها.

الحل الثاني يشتمل على تركيب الفسيفساء على سناد جديد في الورشة، ثم يلي ذلك القيام بتجميع العناصر المختلفة في مكان التركيب. راجع للأسباب التى سبق ذكرها، يكون التركيب على لوح من الأسمنت المسلح – والذي كان يستخدم حتى وقت قريب ومازال حتى يومنا هذا يستخدم في بعض المواقع خارج فرنسا – يبدو غالبا كالكارثة، وبالذات

إذا كانت الفسيفساء غير محمية بشكل كافي أو حتى معرضة للعوامل الجوية: أكسدة حديد التسليح يسبب تشظى السناد، صلابة الأسمنت التي لا تتوافق مع وجود نظام غير مستقر يتولد عنها شروخ تقابل خطوط قطع الشرائح، مما يعطي الفرصة لتواجد التربة والحشائش. تعمل الرطوبة وآثار التجلد على تغيير تماسك الخرسانة، حتى فقدان الالتصاق لترصيعة الفسيفساء التى تنخلع بشكل تدريجي، أما عن رفع الفسيفساء بعد تعرضها لهذا النتؤ فإنه يمثل إشكالية كبيرة. يأتي النقل على راتنج تخليقي وألواح على هيئة خلية النحل بميزة الخفة للسناد، مع جعله غير مُنفذ للماء، ومقاوم، وسهل الفك إذا ما أريد نقل الفسيفساء، وقد ذُكرت خواصه الحميدة فيما سبق. غير أن ثمنه وصعوبة توفيره في بعض البلاد يشكلان عقبة كبيرة لاستخدامه.

الأنظمة المختلفة التي يمكن تطبيقها لرفع الفسيفساء تم استعراضها بشكل مفصل في المجلد الثانى المنشور عن طريق ICCROM (Mosaïque, 1980) موضحا خصائص كل طريقة، وعيوبها وحدودها. ولكن بغض النظر عن الطريقة المستخدمة بخصوص طبيعة وطريقة عمل السناد الجديد المركب عليه الفسيفساء، فإن مشكلة حمايتها تبقى أساسية.

حماية البلاط

حماية البلاط تمثل الشرط الأساسي للقيام بالحفظ في الموضع الأصلي، وبالذات في مناخ فرنسا المعتدل الذى يتراوح في الحقيقة فيما بين الأمطار الغزيرة، والتجلد الشديد في الشتاء، والتغير الكبير في درجات الحرارة. بعض بلاد حوض البحر المتوسط التى تتمتع بمناخ مشمس بشكل أكبر وشتاء أقل قسوة، تجابه بشكل أقل حتمية وسرعة ظواهر التدهور المتسببة فيه سوء الأحوال الجوية؛ ولكن هنا أيضا، فإن المشكلة تطرح نفسها، ولكن بشكل أخف. كانت الفسيفساء موضوعة في مكان مغلق يحميها من الاعتداءات الخارجية، أما الحفظ في مكان مفتوح فإنه يحكم عليها بالفناء في وقت طال أو قصر. ومع ذلك فإنه من الصحيح أن موقع وجود

الأرضيات وبالتالي خصوصية وسطها الجغرافي والمناخي، يمكن أن يؤثرا على خواص أماكن الحماية اللازمة للحفاظ عليها.

يمكن لنا ذكر ثلاثة أمثلة، لتصوير ظواهر متطابقة حصلت بعد فترات زمنية وظروف حماية مختلفة للفسيفساء في Orbe en Suisse والتي يعود اكتشافها إلى أكثر من قرن، فقد تم إيداعها بمكان مغلق في أكواخ صغيرة ذات سقف وحوائط وباب وشباك معزولين عن رطوبة الرديم الخارجي عن طريق مصرف محيط بها؛ فسيفساء villa du Paon في Vaison-la-Romaine، المُكتشفة في الستينات، قد تم حمايتها بسقف من القراميد على قوائم من الخشب بدون غلقها من الجوانب؛ وأخيراً فسيفساء Volubilis في المغرب، والتي كشف النقاب عنها منذ حوالى نصف قرن، فإنها حُفظت بدون حماية. بالنسبة للمثال الأخير، إذا أخذنا في الاعتبار البعض منها فقط الذي ظل محفوظ على ملاطه الأصلي (أغلب بلاط هذا الموقع قد تم نقله على سناد من الخرسانة)، قد أظهرت اليوم تلك المجاميع الثلاثة فقد في التصاق ترصيعة الفسيفساء مما تطلب معه رفعها، ولكن وضع التدهور هذا، الذي لم يظهر إلا بعد بضعة عقود، يوضح جيدا تعدد الحلول التقنية التي يمكن الأخذ بها بدلالة الموقع، ومن جهة أخرى ينقصنا عامل مقارنة أساسي ألا وهو درجة الترابط التي كان عليها كل مستند عند الكشف عنه.

حالة حفظ الفسيفساء، والظروف المحيطة المرتبطة بمكانها تشكلان في الواقع العاملان، المؤثران لمختلف أنواع الحماية المزمع القيام بها. وعند هذه المرحلة يدخل في الاعتبار الدور الرئيسي للإمكانات المادية المتاحة لضمان تشييد الوقاء (المخبأ).

في النطاق الحضري، فإن مفهوم الوقاء هذا يكون تم تجاوزه عندما يكون الحفظ في الموضع الأصلي للمقتنيات التى كشف عنها يترجم على شكل تكامل بينها وبين المبنى المُشيد. تبقى هذه التجارب نادرة الحدوث: فعملية تعديل مشروع حضري يمكن أن يقود الى نفقات باهظة، وحتى نتجنب المشاكل التقنية والمالية الرئيسية، التي لا يمكن التغلب عليها بدءاً من حد معين، فإن التعاون الجائز بين المسئولين عن تلك الأبنية والمعمارين والآثاريين يكون ضرورياً حتى يمكن عمل برنامج دقيق يحترم متطلبات كل فئة.

غير أن ما شيد حديثا في Sainte-Colombe يشكل مثالاً لذلك: تم حفظ جزئي لمنزل جالوروماني مع تكامله مع الدور الأرضى لعمارة سكنية أقيمت في مكانه، وتم بالفعل عرض للفسيفساء في حجرتين متجاورتين، وقد رفعت الأرضيات مسبقا قبل التهيئة، وذلك من ناحية لإتاحة الفرصة للآثاريين للقيام بفحص كامل لموقع الحفائر، ومن ناحية أخرى لإخلاء موقع البناء والسماح لعمال البناء للقيام بعملهم. بعد الإنتهاء من الترميم في الورشة فقد تم تركيب الفسيفساء في موضعها الأصلي، وزيارتها غير متاحة للجمهور ويمكن فقط رؤيتها عبر الزجاج.

حماية البلاط يمكن أن تكون أيضا نقطة البداية لمشاريع أكثر تعقيدا. وهكذا فإن فسيفساء Dyonisos في كولونيا حفظت في موضعها الأصلي في إطار متحف ضخم أقيم حولها.

من المنظور الأثري، فإن اختيار الوقاء يفرض مشاكل مرتبطة بإرساء تكوينات حديثة في إطار أثري، ولم نعد نلجأ اليوم إلى إعادة إقامة الحجرات المبلطة بالفسيفساء بكامل حجمها أو بالأحرى إقامة البيت بكامله، وذلك بسبب الشكوك المرتبطة بانشاءها. إذا كانت المواد التقليدية –حجر، خشب، قرميد، طوب – يمكن أن تُستبدل بالزجاج والمعدن مثلا، والذى يتم اختيارهما بسبب مظهرهما الدال على الحداثة، فإن تكلفتهما تشكلا رفاهية لا تكون في مقدرة أى موقع. ولكن حلول أقل تعقيدا تستخدم بالفعل عناصر يمكن تطويعها مثل الأنابيب المعدنية والألواح غير المنفذة أو الشفافة، يمكن أن تمثل حماية فعالة على الرغم من كون منظرها الجمالي قد يثير جدلا ما.

يمكن أن نذكر مثال villa Pedrosa في أسبانيا التى تمت وقايتها بهذا الشكل: تم إغلاق المبنى من الجوانب بحوائط من الواح parpaings، وهذا كان كفيلا بأداء الوظيفة النفعية في الحماية بدون مظاهر، وجعل حتى في الإمكان، مع بساطة الإمكانيات المستخدمة، القيام بتفحص البلاط والتكوينات المحفوظة. في الحقيقة أنه في بيئة أثرية ما فإن تلك الأوقية البسيطة تضر بتجانس وتفهم الشكل العام المقامة خلاله.

غير أن الإثراء الذي تجلبه الأرضيات للموقع يبرر بدون شك استعمال الأوقية الموضعية، في نظر الخاصة من رجال العلم والعامة من الجمهور الواعين للقيود التي يمليها استخدام هذا النوع من أساليب الحفظ.

يبقى وضع الأسقف، الأسلوب الأكثر شيوعا وغالبا ما يُنفذ عن طريق وضع القرميد على قوائم ينحصر دورها في حماية البلاط من الأمطار الضاربة. هذا الحل الأدنى والذي يتوقف على المناخ المحيط، يحد على الأقل من وصول الماء إلى الأرضيات ويُبطئ من تدهورها. وبعيد عن كونه مثاليا على المستوى الجمالي والعملي، فإن هذا الاحتياط قد مكننا مع ذلك من المحافظة علي الكثير من الفسيفساء في حالة تماسك مقبولة، ويعطينا دائما إمكانية القيام بالرفع إذا كان لا يمكننا تجنب ذلك.

الحلول التى نتجنب معها إقامة وقاء مستديم، وترنو إلى الوقاية المؤقتة لا تبدو قابلة للتطبيق إلا في المناخ الجيد.

لا سيما أن فسيفساء Conimbriga في البرتغال، تُغطى كل ليلة وفى بعض الفترات في الشتاء، بطبقة من الرمال تُزاح عنها في الصباح.

في مناخ أكثر شدة مثل الموجود في فرنسا، فإن هذا النوع من الحماية المتناوبة يمكن أن يُستعاض به عن إقامة وقاء، أوعلى الأقل استكمال الحماية الدائمة عن طريق إقامة سقف، متجنبين بذلك مشكلة غلق الجوانب. غير أن هذا الحل المختلط يتطلب دراسة المواد الأكثر ملائمة لعزل فعال (رمل، صوف زجاجي، لباد عزل المباني، إلخ...)، ويجب إلى جانب ذلك أن يكون سهل الاستخدام.

في الواقع، فإنه بغض النظر عن مستوى الإحتياطات التقنية المعمول بها لضمان حماية وحفظ البلاط في موضعه الأصلي - وقاء لحد ما مكتمل، تدعيم موضعي، سناد جديد - فإن كفاءتها تبقى رهن الوسائل المعمول بها لاحقا لمراقبة حالتها. فلا يمكن تصور إختيار الحماية المتناوبة مثلا بدون عمالة مستديمة، يتلخص دورها بالأخص في تغطية الأرضيات على حسب التقلبات الجوية. وهنا يستعيد مفهوم الحارس بُعدا جوهريا.

صيانة البلاط المحفوظ في موضعه الأصلي

لا يمكن اعتبار أي إجراء للتدعيم أو الحماية كافياً، إذا لم يصاحبه إجراء مواظب ومنتظم موجه لضمان صيانة المستندات المحفوظة، والأمر لم يعد يعني إذا القيام بعمل عدد من العمليات، ثم ترك الأرضيات المُرممة في المحيط المستقر لمتحف؛ ولكن على العكس من ذلك القيام بمراقبة حالة دائمة التذبذب، والتعرف على أعراض التدهور النامي، وملاحظة تفاقم التغيير الذي تم التعرف عليه، والبحث عن أسبابه والتحرك على ضوء ذلك. هنا أيضا، فإن تعددية الحالات التي تواجهنا لا تمكننا من تعريف طبيعة وترددية ممارسة التدخلات اللازمة.

يكون البعض من تلك التدخلات له علاقة بالبيئة. وعلى حسب الأحوال، قد يعني الأمر إصلاح سقف، قبل أن يضر التسرب بين قطعتي قرميد متباعدتين موضعياً، الأرضية الواقعة تحت تأثير حت للمياه المنهمرة معرضا إياها لمظاهر تجلد. يجب مراقبة مشاكل الصرف، فركود المياه المتساقطة يمكن أن يتسبب في تدهور تدريجي للسناد.

تطبق بعض الإجراءات الأخرى على الأرضيات. فيجب التعرف على ظهور النواقص، والتى غالبا ما تكون كاشفة لفقد الالتصاق فيما بين ترصيعة الفسيفساء والمدماك، ويجب القيام بالتدعيم الموضعي لها في الوقت المناسب. يمكن أن نواجه ضرورة الرفع عندما تصبح حالة تماسك الأرضيات ضعيفة جدا، ويجب العمد الي إتخاذ القرار مادام هناك إمكانية للتدخل. الإصابة بالنباتات يمكن أن تسبب مشاكل دائمة وتبقى غير محلولة بشكل جيد، وبالأخص في المواقع ذات المساحات الكبيرة، ولا يشكل غالبا نزع الحشائش اليدوي حلا كافيا، وذلك بسبب كثرة اليد العاملة التى يتطلبها. من ناحية أخرى، فإن نزع النباتات لا يمنع نمو الجذور التي تبقى متداخلة في الفسيفساء، أو نمو الأجزاء الخارجية من جديد. يبدو أن استخدام مبيد الحشائش الكيميائي ذو الصفة الهرمونية قد أعطى نتائج مرضية في Ostie، ولكن كاتب المقال الذي أورد تلك المعلومة (Veloccia, 1977) لم يعط إلا

القليل من الإيضاح في هذا الموضوع. قد تمت الإشارة في هذا المقال إلى الأبحاث التى اقيمت في ICCROM للمعالجة الوقائية والشافية للفسيفساء التى أصابتها الكائنات المِكروية. لم يتم تحديد طبيعة تلك التجارب، ولكنه بلا شك من المثير للإهتمام القيام بتجارب لبعض المنتجات المكونة اساسا من الأمونيوم الرباعية، التى لصفاتها الطحلبية والبكتروبولوجية تطبيقات في صناعة مواد الطلاء (تعقيم الأسطح المراد طلائها)، وفي المجال الطبي (تطهير الأماكن والأدوات)، وعلى العديد من المواد الأثرية. هنا أيضا، يجب مقارنة كفاءتها، حتى نعين منها المنتج الذي يجنبنا التطبيق المتجدد بكثرة. الطريقة الأكثر شيوعا تبقى بالطبع تنظيف الفسيفساء التى إجتاحها العفن والطحالب وبهاق الحجر بماء Javel المخفف (محلول الكلور)، ولكن لا تتوقف هذه العملية إلا وقتيا، ومعاودة ظهورها تشير إلى عدم كفاية تلك الطريقة، التى علاوة على ذلك يكون خلوها من الضرر ليس مؤكدا. دور التهوية للوقاء المحفوظ فيه الفسيفساء يكون قاطع، بعض ظروف الضوء والرطوبة والتهوية غير الكافية غالبا ما تتيح الفرصة لنمو الطحالب وبهاق الحجر.

من ناحية أخرى، فإن الكنس البسيط للفسيفساء يمكن أن يمنع استقرار البكتريا، التي تجد لها وسط ملائم لنموها في أركان الحجرة التى يتكوم فيها البقايا النباتية والتربة.

وأخيرا، فإن مراقبة البلاط يجب أن تضمن عدم وصول الجمهور إليه: فالمرور المتكرر للزوار يعمل بالفعل على تدهور المستندات التى صُممت أساسا للاستخدام المنزلي، وتكون قد أصابتها الهشاشة لتقدامها، زد على ذلك أن مخاطر التخريب المتعمد لا يمكن التغاضي عنها.

تتحكم إذا الصيانة على المدى الطويل للفسيفساء في حفظها في موضعها الأصلي. النقص في العمالة المخصصة للفحص الدائم وما يترتب عليه من عدم اتخاذ الإحتياطات التقنية في الوقت المناسب، يؤدي إلى إنفصام التوازن بين الأرضيات والبيئة المحيطة بها، وما أن تبدأ تلك العملية حتى تؤل إلى تدمير اللأرضيات. وهكذا فإن بعض الإكتشافات الحديثة قد

تفردت عن طريق القيام بالتسجيل الفوتوغرافي، والوصفي والبياني للمعلومات التى أتت بها الأرضيات المنقب عنها، من دون أن يقود هذا بالضرورة إلى عرضها على الجمهور، لكوننا نعاود دفن الأرضيات بعد ذلك.

تم إعادة دفن الفسيفساء اليونانية في Eretrie بعد تدعيمها، من منظور الحفظ بغض النظر عن أية نية تعليمية مباشرة، أو أى إنشغال بالناحية السياحية. وقد تم تغطيتها بطبقة من الرمال المغسولة بسمك من ٥٠ إلى ٨٠ سم، وتخضع لجس سنوى هدفه مراقبة حالتها، التى تظهر وكأنها ثابتة، منذ عشر سنوات تقريبا.

هذا الحل يصور حفظ بطريقة اقتصادية في الموضع الأصلي، علاوة على أنه يسمح بامكانية دراسة وجمع الوسائل اللازمة لإظهار مقومات البلاط لاحقا في نطاقه الأصلي.

مثل تلك التدخلات تؤكد أن الإنقاذ المادي للأرضيات يجيئ في المقام الأول، وفيها تُحفظ الأرضيات بدون النيل من حالتها الطبيعية بالرفع الذي يكون عملية مختزلة ولارجوعية. عندما يكون الرفع قد تم بالفعل أو يصبح لا مفر من إجرائه فإنه يمكن تصور حل أخير، متحاشين كلا المخاطر المرتبطة بإعادة التركيب في الموضع الأصلي وبالشكل المبتور لإطار معماري محروم من التكسبية السطحية له. هذا الهدف المزدوج تم الوصول إليه بشكل دارج في مجال الأنصبة التاريخية والتي تُطرح فيها مشاكل مشابهة فيما يخص الحفظ والعرض: فالتماثيل والقطع المنحوتة المتدهورة، والمهددة بالفناء، يتم إذا إستبدالها عن طريق قطع مصبوبة أو نسخ منها، وذلك يسمح بحفظ المستندات الأصلية في الحرم الواقي للمتاحف أو أماكن التخزين. وإذا طبقنا ذلك على الأرضيات، فإن عمل نسخة طبق الأصل تكون مشكلة. والطريقة الأكثر منطقية تشتمل على نسخ الفسيفساء حسب التقنية العتيقة باستخدام مواد مشابهة، يتم استقطاعها ثم تجمع حسب الرسم المرفوع قطعة بقطعة من المضلعات الرباعية.

وهكذا تم عرض نسخة لأرضية في قرطاج محل المستند العتيق: في تلك الحالة كان التدخل له ما يبرره، ليس بسبب مقاييس من النوع الأدبي،

ولكن للاستحالة التقنية لإعادة التركيب في الموضع الأصلي، فالتشوهات التى جلبها ترميم سابق بشكل لا رجوعي لمختلف إطارات البلاط عند نقلها لسناد من الأسمنت، قد منعت فعلا تجميعها في الحجرة ثمانية الأضلاع القادمة منها.

اختيار الطريقة تلك يفرض بكل تأكيد مشاكل في الوقت، وبالتالي في النفقات ومن المناسب مقارنتها بتلك التي تنشأ عند إعادة التركيب في الموضع الأصلي، هذا التركيب الذي يوفر للأرضيات الضمانات اللازمة التي يتطلبها بقاؤها. إلى جانب أنه يمكن البحث كذلك عن تقنيات أخرى، مثل صب الأرضيات الذي يعطينا نقوش سطحية بارزة بشكل كاف؛ وتظهر بعد ذلك مشكلة الألوان، وتتفاقم في حالة تعدد ألوان الزخارف ودقة ترصيعة الفسيفساء. وبشكل أكثر تواضعا، فإن زخرفة الأرضيات يمكن أن يتم تناولها بالرسم، مما يترك للمسئولين وقت للتدبر، وللفنيين وقت للترميم وللنفقات وقت لكي تُجمع.

كذلك كان الحال بالنسبة لفسيفساء Dieux Océans الموجودة في Saint-Romain-en-Gal، التي تظهر لعيون الجمهور بشكل مؤقت على شكل رسم بالطلاء الأسود تم عمله على لوحة رسم من الورق المقوى pochoir فوق بلاطة حديثة تم وضعها في الحجرة التى كانت بها البلاطة الأصلية. ومع أن الأرضية قد نزلت إلى مستوى وسيلة التعبير الأكثر سطحية بالنسبة لحقيقتها، ومع غيابها إلا أنها إستمرت في الوجود متجسدة عن طريق صورة يمكن للزوار أن يطئوها على راحتهم.

هذه الملاحظة الأخيرة، والتى تعبر عن البعد المزدوج لفسيفساء الأرضيات – كصورة ومستند – تقود الى مقصد عرضنا هذا.

التقنيات المرتبطة برفع الفسيفساء وإعادة تركيبها على سناد جديد قد تطورت بشكل واسع. وإذا كانت الفسيفساء قد بقيت كمستند شامخ، فإنها يمكن أن تصبح قطع قابلة للحركة يمكن نقلها، أو وضعها على الأرضية أو تعليقها على الحوائط على هوى المعارض أوحسب قيود المكان لأي موضع للتخزين. هذا التطور الملفت للنظر والمرتبط بالتطور في

الصناعات الكيميائية وتقنيات البناء، جعل إمكانات العرض الخاصة بهذا النوع من المستندات أكثر ثراء وأكثر مرونة من تلك الموجودة الموجودة حتى الآن.

وبالمحاذاة لهذا التجديد التقني، الذى يطبق أساساً على سناد الفسيفساء، فقد تقلصت معالجة ترصيعة الفسيفساء من الآن فصاعدا إلى المعالجات المُلزمة التى تستدعيها حالتها. هذه العمليات ذات التدخل الأدنى والتى تسمح بها الطبيعة المستقرة والمقاومة نسبيا للمكونات المعدنية المستعملة في الغالب، تحفظ مظهر سطح الأرضيات، كما كان يبدو عند اكتشافه، وتعكس الرغبة الحديثة في احترام أو حتى تعظيم البعد التاريخي الذي يمثله: شروخ، كسور، آثار حت، كلسنة، أو نواقص لحد ما متسعة، وهذا في الواقع يضفي صفة التفرد لكل قطعة فسيفساء ويجسد ماديا فترة الاستعمال والدفن لكل واحدة منها.

فذلك البلاط الذى أصابه التغيير والذى كنا نجتهد في صقله واستكماله، في حين لم يكن قد بقى منه إلا صورة محلاة بزخرفة غالبا ما كانت معاد صياغتها بشكل مُفرط، أصبح اليوم يحتفظ بالعلامات المتعددة لتاريخه، من بداية إقامته وحتى التنقيب عنه.

فسواء كانت هذه الأرضيات قد نقلت على سناد تخليقي أو تقليدي، حسب الظروف التقنية والمالية لكل عملية، فإنه يفقد مع الرفع والتدمير للمدماك الخاص به، الرابط المادي الذى كان يوحد بينه وبين إطاره الأصلي. وقد تُرجم بدون شك الإدراك الواعي لهذا الاستقطاع اللارجوعي إلى الأخذ باحتياطات للتسجيل - رفع، تغطية فتوغرافية، مذكرات وصفية، أخذ عينات - يكون الغرض منها حفظ المعلومات السائرة الى زوال. وكذلك تتجه بدون شك بعض تصورات العرض إلى استحضار بعيد المدى لحد ما للإطار المعماري الذى كان يضم الفسيفساء، حتى نجعل صفتها العملية أكثر بديهية حتى لو ضممنا اليها، بعد حفظها رسوم جدارية أتت من نفس الظروف المعيشية. ولكن هذه الأبحاث القائم بها الآثاريين، والمرممين، والقائمين بالحفظ للوصول الى معرفة أفضل للأرضيات ومحيطها - الإنساني

والمادي –، ونشرها بعد ذلك مع الأخذ بالتنوع في المقترحات وطرق العرض، تلك التجارب التقنية يكون الغرض منها تجديد طرق الحفظ، وكل ذلك يرجعنا إلى التساؤل الأساسي عما ستؤول إليه الفسيفساء من بداية الكشف عنها. فحتى و إن كان الرفع يشكل الاختيار الأوحد لضمان بقاء الأرضيات عندما يكون قد كشف عنها في إطار تنقيب لغرض إنقاذها، فإن هذا لا يمنع من اعتبار أن نتائج ذلك التدخل تستحق منا أن نقوم باعتبارها بشئ من الروية في بعض الحالات التي يبدو أنه في الإمكان الحفاظ على المستند في محيطه الأصلي. هذا النوع من الاختيارات يتطلب بدون شك إحتياطات تدعيم، وحماية وصيانة تبقى السيطرة عليها مشكلة في حد ذاتها، ولكن المثال السلبي لفسيفساء إحتفظ بها في موضعها الأصلي، ثم تدهورت وأصبحت مهددة بالزوال لنقص أو عدم كافية الوسائل المطبقة لإنقاذها، لا يجب أن يُبرر القيام بالرفع في كل مرة.

تذكرة تقانية: البلاط العتيق

(شكل ١)

في الجزء الظاهر منها، فإن الفسيفساء أو opus tessellatum تتكون من عناصر مكعبة أو متوازية الأضلاع بشكل غليظ: المضلعات الرباعية tesselles، المنحوتة من مواد أساسا معدنية (مواد جيرية، رخام، أحجار مختلفة؛ الطينة المحروقة وعجينة الزجاج نادرا ما تستخدم)؛ وتتراوح أبعادها من بضعة مليمترات إلى من ٣–٤ سنتيمترات.

مجموع تلك الوحدات، المتراصة جنبا الى جنب بطريقة مترابطة لحد ما تُكون ترصيعة الفسيفساء tessellatum أو بساط المضلعات الرباعية tapis de tesselles.

التصاق تلك التكسية السطحية تتم بإنغراز المضلعات الرباعية في طبقة رقيقة من الملاط مكونة من الجير ومن مسحوق الرخام: حمام التركيب bain de pose، وهو يطبق على الأساس ويعتبر الطبقة الوحيدة الموجودة عليه.

يتكون ذلك الجزء غير المرئي الذى سنسميه البنية التحتية للبلاط infrastructure، عامةً من القاعدة وحتى القمة لما يلي:

– الأساس statumen المكون من فرش من الكتل الحجرية موضوعة جنبا إلى جنب، وهي التي تحمل طبقات الملاط مكونةً مدماك الفسيفساء.

– الريديس rudus طبقة تحتية مكونة من ملاط من الجير والرمل والخزف المجروش وقطع الحجر الصغير، يمكن أن يصل سمكها من ١٢ إلى ١٥ سنتميتراً.

– النواة nucléus وفيها تكون مقاس الحبات أكثر دقة ويكون الرابط هو الجير المحمل بالطوب المدكوك، هذا المدماك الخاص بقطع القرميد الصغيرة لا يتجاوز سمكه عادة من ٢ إلى ٣ سنتيمتر.

– الركام opus sectile يكون له تكسية سطح مكونة أساسا من الواح من الرخام، أو الأحجار المختلفة (حجر جيري، شيست، جرانيت...) منحوتة على حسب أشكال هندسية، تجميعة تلك العناصر المثلثة والمربعة والمستطيلة والدائرية، إلخ...، تتم بطريقة متصلة فيما بينهم.

يختلف المدماك assise: فيمكن أن يكون مكوناً من طبقات من ملاط القرميد تؤدي الطبقة الأخيرة منه كما هو الحال في الفسيفساء، لدور مدماك الضبط assise de réglage وذلك للصق تصفيح الأسطح. في حالات أخرى، يتم الحصول على إستواء الركام opus sectile عن طريق ركائز للمضلعات الرباعية من الخزف، توضع في أغلب الأحيان تحت كل وحدة من التكوين الهندسي.

الأرضيات من نوع ترازو: ترازو terrazo أو سيجنينوم signinum بخلاف النوعين السابق ذكرهما، لا يحملون تركيباً ركامياً stratifiée، فهم يتكونون من ملاط معجون بالجير وفى بعض الأحيان مخلوط بقطع القرميد الصغيرة (ويطلق عليه في هذه الحالة signinum)، ويكون مغمور فيه بكثافة متباينة شحنات متنوعة (كسور من الحجارة والخزف، حصى ملساء مستديرة galets وحصى متكسرة graviers) العناصر الملامسة للسطح يمكن أن تشكل زخرفة معدة بشكل قليل أو كثير: قطع من المضلعات الرباعية أوشظايا حجارة مرتبة على خطوط مستمرة أو متقطعة، كسور من الرخام منحوتة في بعض الأحيان على هيئة أشكال هندسية –crustae–، وموضوعة بدون تنظيم أو على مسافات منتظمة.

الباب الثامن

النقوش الجدارية العتيقة (الطلاء المصور)

لورانس كروجلي، روي نونس پيدروزو

العلوم التقنية والتغيير

تكوين الملاط ومختلف التقنيات التصويرية

(Frizot, 1979; Barbet, 1987; Abad Casal, 1982)

النقوش الجدارية (التصوير الجداري-الجداريات-الطلاء المصور) peintures murales هي عبارة عن تكسية ضمنية ومكملة لفن العمارة، وهي «طلاء» endult مُغطى بتكوينات زخرفية ملونة. وقد إستعملت منذ العصور القديمة مختلف التقنيات لإقامة تلك النقوش ولتطبيق الألوان. غير أن الفكرة الاساسية فيه تظل عبارة عن سناد يسوي الحائط نقوم بزخرفته بإستخدام خضاب مخلوط بمادة رابطة liant. هذه المادة الرابطة تسمح بتطبيق، وثبات، وحماية الألوان إذا إقتضى الأمر.

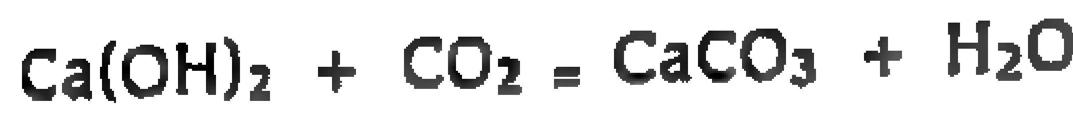
فالطلاء المغطي للجدران والذي وجد في الأرجاء الفرنسية يتميز بنوعين من المواد الرابطة، أحداهما مكون أساساً من الطين و/أو التربة، والآخر مكون أساساً من الجير الهوائى المحتوي على مواد حيوانية ونباتية. يكون الحصول على مادة صلبة مرهون بإضافة شحنة غير متفاعلة، منفردة أو مخلوطة إلى المادة الرابطة على حسب نوع الطلاء المطلوب، والذي قد نجد فيه إذا الرمل، الطوب المدكوك، مسحوق الرخام، مسحوق الجير، الألياف النباتية، إلخ...

على الرغم من استعمالنا شحنات مضافة (الرمل، السيلكا، القش) فإن الطينة تبقى حساسة نسبياً بسبب تكوينها الكيميائى عند ملامستها للماء، الذي يقلل من تماسكها لأقل قدر ممكن وقد يسبب تفتتها. في حين أن، صعود الماء بالخاصية الشعرية في الحوائط من الطوب اللبن غالباً ما ينحصر في قاعدة الحائط وبذلك تكون عمليات التغيير الناتجة من ظواهر التبخر/ التبلور للأملاح أدنى من تلك الموجودة في الحوائط من الطوب المحروق أو من الحجر. وهذا قد يفسر كون بعض النقوش قد حُفظت في مكانها على قاعدة مكونة أساساً من التربة الطينية، والتى قد تبدو مع ذلك هشة جداً. على سناد التربة هذا نجد في الغالب نقش مكون من الطينة والقش أو من الجير والرمل، وبالنسبة للطبقات السطحية نجد طينة أكثر نعومة أو جير. تلك الطبقات النهائية يتم أحياناً استبدالها بمعجون من الجير، أو الجبس، أو الطينة مطبقة باستخدام الفرشاة. فالمقاومة ميكانيكية المتدنية لهذا السناد واستخدام طرق تنقيب غير ملائمة للتعرف على تلك التكوينات للتربة (Goudineau, 1983) قد أدوا إلى أنه لم يصل إلينا إلا اليسير من تلك الزخارف.

على العكس، من ذلك فقد سمحت صلابة التصوير المعمول على ملاط من الجير بالحفاظ عليه في حالة جيدة، متيحاً الفرصة لتنقيب أسهل وبحفظه في المخازن والمعامل والمتاحف. من جهة أخرى، يرجع الفضل لكوننا نحظى بمعرفة جيدة بتلك الرسوم التصويرية لوجود النصوص القديمة (Vitruve, Pline, Isidore de Séville)، ولإجراء الاختبار الفيزيوكيميائي للعينات (Augusti, 1967) والدراسات الأثرية في الموقع أو في المعمل. بغض النظر عن التقنيات المعمول بها (تصوير بالألوان المائية détrempe، تمبرا tempera (تصوير بالألوان المائية المخلوطة بالغراء أو بياض البيض)، فريسك fresque (تصوير جذاري)، أو يجوز تصوير بالشمع) فالأمر دائماً يتعلق بعمل قامت به مجموعة من الحرفيين لتحضير السناد والطلاء، والمواد الرابطة، والألوان والزخارف على حسب قدرات كل منهم للقيام بعمل الأجزاء أو المراحل المختلفة من العمل المركب (Allag, Barbet, 1972).

سنكتفي بوصف اثنين من التقنيات الثلاثة التى أوردنا ذكرهم، فإستخدام الشمع لم يمكن بعد تعريفه بدقة (Schiavi, 1957; Augusti, 1967; Delamare, 1984).

الملاط المكون من جير مطفي مخلوط بمواد حيوانية ونباتية (نحصل على الرابط الهوائى عن طريق تسوية الحجر الجيري) وشحنة تعمل على تماسكه، يتصلب ويجف بالكربنة (الفوحمة) carbonatation: بملامسة الماء المضاف للتليين وثانى اكسيد الكربون الموجود في الهواء يتكون محلول مشبع من كربونات الجير ويترسب.

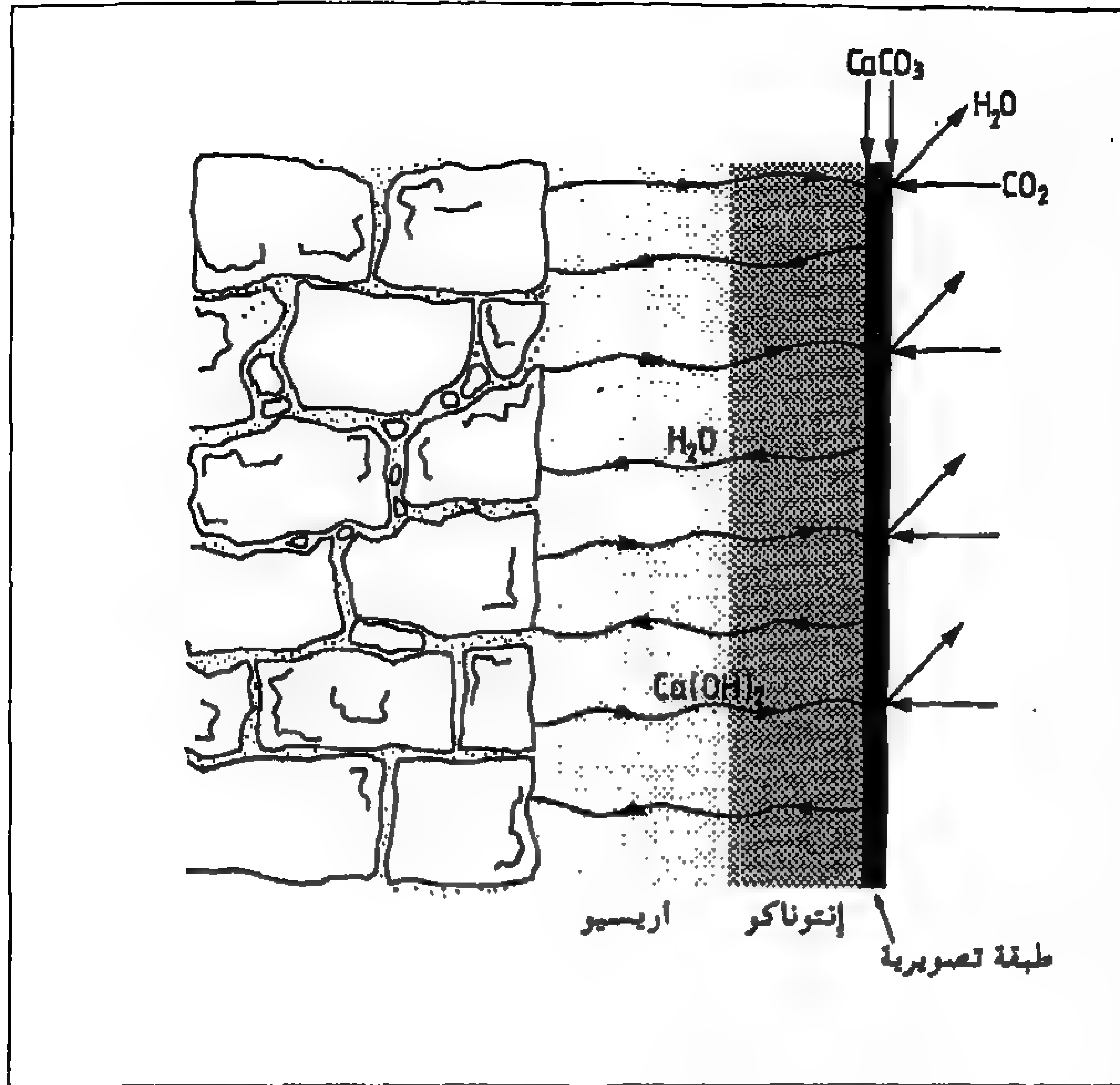


$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

وتظهر بلورات دقيقة مرتبطة مع بعضها بالإحتكاك فيما بينها، وبنفس الطريقة ترتبط مع حبات الرمل أو أى مواد خاملة أخرى من تلك المكونة لبنية الطلاء (شكل ١).

ويمكن للتصوير peinture أن يُنفذ على هذا الملاط الجاف المكربن: يجب علينا إذا تطبيق الألوان بواسطة مادة رابطة قادرة على تثبيتها على الطلاء. ونعمل بطريقة الرسم بالألوان المائية فترتبط الصبغات فيها بينها وكذلك بالسناد عن طريق لاصق يسري مع الماء (ماء الجير أو لبن الجير، كازيين caséine، وغراء حيواني، وبيض، وراتنج). يستلزم استخدام ماء الجير أو لبن الجير الترطيب المسبق للأرضية بالمادة الرابطة النقية حتى نضمن الارتباط الجيد للألوان، ولهذا نستخدم تعبير «نقش جدارى (فريسك) زائف» fausse fresque، ويتم التصاق الصبغات بالكربنة الظاهرية. والكثير من النقوش التي عُملت بهذه الطريقة لم تقاوم الزمن ولا الدفن أما الطلاء الذى وصل إلينا فقد تم عمله في الغالب بطريقة «أفريسكو» a fresco.

«النقش الجداري (الفريسك) الحقيقى» vraie fresque يستلزم إجراء النقوش الزخرفية على ملاط من الجير الطازج: يتم إدخال الصبغات بالكربنة إلى النسق البلوري الذى يُكون ما يشبه القشرة المعدينة على سطح الطلاء ويحمى بشكل دائم التكوين المصور.



شكل ١. إستراتيجرافية (دراسة الطبقات) لرسم ملون افريسكو وظواهر الكربنة.

نقلا عن المصادر القديمة فإن الجدار الجاف يتم ترطيبه لتطبيق الطبقات الأولى من الملاط الغليظ (من واحد إلى ثلاث تخانات) الذى يُكون ما درج على تسميته «أريسيو» arriccio. والأريسيو المكون أساساً من الجير والشحنات المعدنية، يسوي سطح الجدار بالكامل ويسمح بتعلق الطبقات الأكثر رقة المكونة «للانتوناكو» intonaco والمهياة لاستقبال التصوير. وتلك الطبقات (من واحد إلى ثلاث تخانات) المكونة أساساً من الجير ومسحوق رخام ذو حبيبات أكثر دقة، ويتم تطبيق الطبقة الأخيرة، وقد تصقل قبل التصوير peinture مباشرتا حتى تتحقق كربنة الصبغات. وينظيم العمل إذا بدلالة هذا الأمر الوجوبي السابق ذكره. إذا كان التصوير بسيطاً فإن الانتوناكو يوضع بطريقة «پونتات» pontate (وضع طبقة مقابلة لارتفاع كل طابق من طبقات سقالة)؛ إذا كانت الزخارف أكثر تعقيدا، فإن الانتوناكو

يوضع بطريقة «چيورنات» giornate (مراحل رأسية من تركيبة بونتات تقابل السطح المراد تنفيذه بطريقة افريسكو في يوم واحد). ونحصل إذا على شبكة من الوصلات الأفقية والرأسية لحد ما موازية للمحاور الرئيسية للتكوين. ويبدأ العمل إذا من أعلى الحائط حتى نتجنب إنسياب الألوان واللطخ، وينتهى في المناطق المنخفضة. تكون الوصلات بين «الچيورنات» و«البونتات» مشدوفة (قطع مائل) وتغطي الواحدة الأخرى بخفة. نحصل على الترابط الجيد بين الوصلات عن طريق الضغط على الطبقة النهائية من الانتوناكو. وبهذا الشكل تصعد الرطوبة على سطح الطلاء ونظريا نضمن الحصول على كربنة للتخانات المختلفة بالتبادل الكيميائيى من الخارج ونحو الداخل. هذه العملية لخروج الرطوبة على السطح، عند الضغط على الطلاء الآخذ في الجفاف، يتم أيضا الاستفادة منها عند عمل الزخارف: فالأرضيات ذات اللون الواحد (أحمر، أصفر، أبيض، أسود) والتي تقام أولا يتم صنفرتها، وعند طلاء الأشكال الأكثر دقة نقوم مرة أخرى بعمل ضغط على سطح الانتوناكو لمعاودة الحصول على كسب للرطوبة. الماء الذى يخرج على السطح يكون إذا محملاً بهيدروكسيد الكالسيوم المذاب الذى يعمل على كربنة طبقات التصوير الجديدة. يمكن أن نحصل على نفس الظاهرة بصنفرة نهائية للمنطقة التى تم زخرفتها حديثاً، التفريق بين صنفرة «مُقدمة» وصنفرة «مُؤخرة» لا يكون سهل التعرف عليه بعد التجفيف (إلا إذا كان في حالة الصنفرة المؤخرة قد حدث وغارت الأشكال بشكل بسيط).

في التكوينات الخاصة ببعض الحقب التاريخية، تبدو الطبقات اللونية الكثيفة empâtements المستخدمة لإضفاء بريق على الأشكال وقد عملت على الناشف أو على طلاء غير رطب بشكل كافي، مما يمنحها مقاومة أقل لعوامل التغيير.

ولأسباب متشابهة فإن مناطق الترابط، وبالذات فيما بين «البونتات» بعضها البعض (عدة أيام يمكن أن تفصل فيما بين وضع المنطقة العليا والمنطقة السفلى)، أوالمناطق التي بها تراكب للألوان (غالباً ما وجد الأحمر القرموزي مثلاً على أرضية صفراء) تُبديان صلابة أقل.

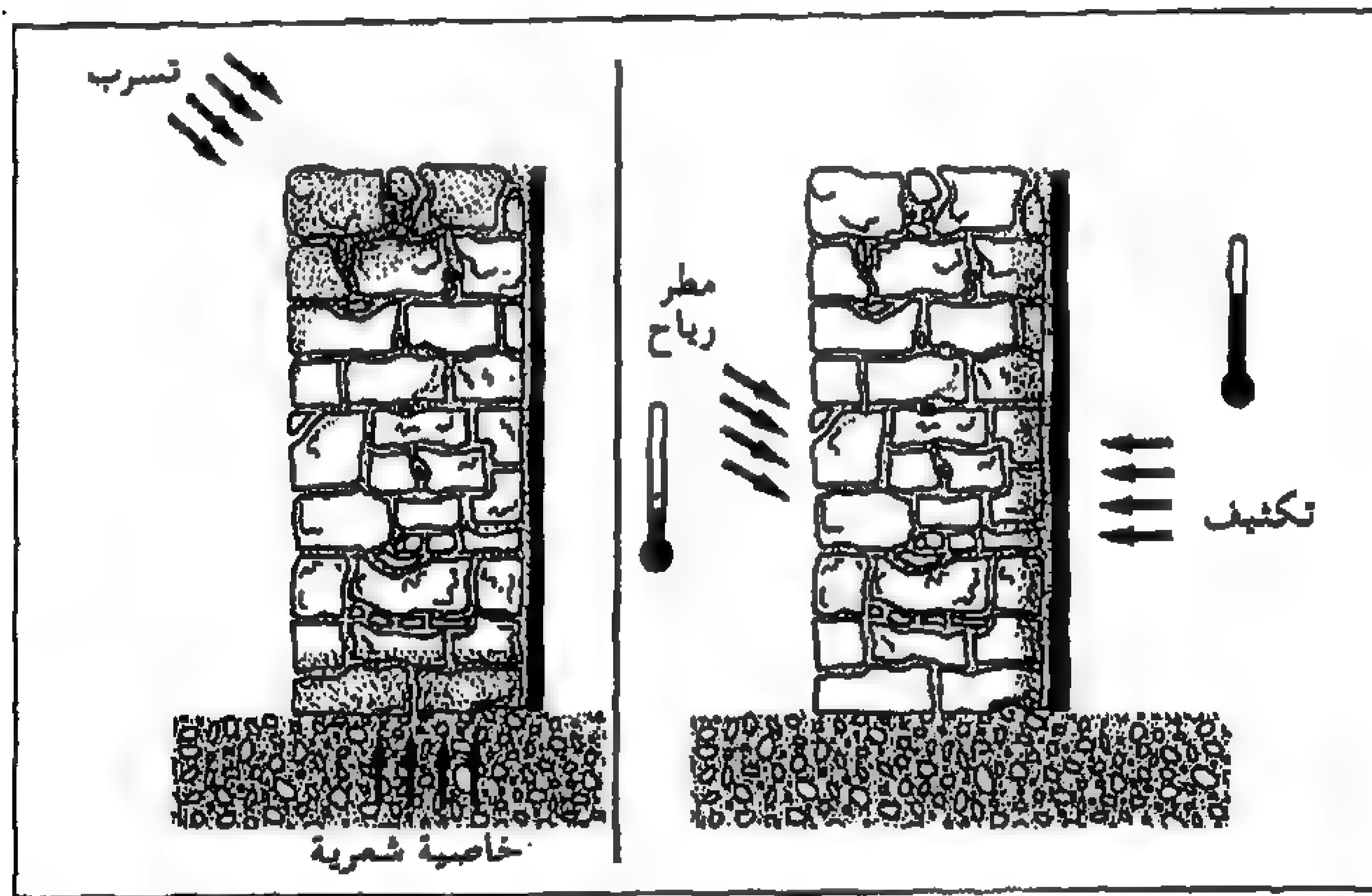
وكذلك كانت توجد التقنية المسماة «المختلطة» mixte: فكانت توضع طبقة ذات لون «سادة» على طلاء كان ما يزال نضر، وكانت تُعمل عليها التفاصيل على الناشف في أغلب الأحوال «بالجير»، ونلاحظ على هذا النوع من التصوير بعض التقشر وهشاشة الطبقة الملونة عند ملامسة الماء. وبغض النظر عما إذا كان الامر يعنى تقنية مختلطة أو تصوير على الناشف فإن الصبغات الممزوجة بالماء أوبلبن الجير لا تلتصق بشكل كافي بالأرضية، ويبقى تصلب الطبقة المصورة سطحي.

نتعامل إذاً عامةً مع مواد معدنية ثابتة طبيعياً. غير أن تكوينها المسامي، وتنظيمها في صورة طبقات، مع الإلتصاق الغير متكافئ لتلك الطبقات فيما بينها، يصيب المجموع بالهشاشة في مواجهة الإعتداءات الخارجية.

أبرز أنواع التغييرات

الرطوبة هي السبب الرئيسي في تغيير altération النقوش الجدارية (الطلاء المصور) (شكل ٢)، سواء كانت مدفونة أو مكشوفة؛ فصعود الماء بالخاصية الشعرية، والمياه الجوفية، والتكثيف ييسرون من هجرة الأملاح المذابة وتبلورها على السطح وبالقرب منه. يكون اتجاه الحركة دائماً نحو مناطق التبخير الأقرب: بالنسبة للطلاء المتجزئ المدفون، يكون ذلك عند الناحية المرسومة، وعلى الحواف أو في الخلفية؛ وبالنسبة للتصوير القائم في مكانه، يحدث ذلك بين مختلف سماكات (تخانات) الطلاء المتفككة أو على الطبقة المصورة. فوجود بيئة رطبة يحول النقوش الجدارية إذا إلى وسط ذو أفضلية لإقامة التبادل بين الجدار والوسط المحيط عن طريق مرور الماء، والتكثيف والتبخير. يثير الماء التفاعلات الكيميائية فيما بين الغازات الموجودة في الجو والأملاح الموجودة في المواد المكونة للطلاء، أو أحياناً تلك النابعة من التربة. تكون كاربونات الكالسيوم والكبريتات مذابة في الماء (النقي، المحمل بالغازات المذابة، بالنترات، إلخ...) والذي يحملها ويرسبها في أماكن أخرى من التكسية الحائطية، وأحياناً ما يركزها تحت الطبقة

المصورة مباشرةً. حينئذ يحدث مختلف أنواع التغييرات: تعتمد مقاومة الطلاء أيضا على مساميتها (مسام واسعة/سريان ماء متباطئ/أدنى تغيير ممكن؛ مسام ضيقة/سريان ماء متسارع/تغبير مُنشط)، كما تعتمد على حالة السطح بها. يثير التبخير الظاهري تزهر خارجي (تكون مسحوق على السطح) efflorescences على الطبقة المصورة في حين أن التبخير الداخلي ينتج عنه تبلور للأملاح تحت السطح وتصدع للسناد، بعض الطلاء تهاجمه بلورات أملاح لا مائية والتي، يزيد حجمها في وجود الرطوبة، ويتولد عنها تزهر عند خروجها من مسام الملاط، أو تتسبب في تشظي المادة إذا كان البناء المسامي ضعيف.



شكل ٢. مصادر مختلفة للرطوبة على الجدران.

تجعل مسامية التكسية الحائطية، الطلاء حساس أيضا للتجلد: فالماء الكائن في الجهاز المسامي يزيد حجمه عندما يتحول الى الحالة الصلبة ويتسبب عنه تشظي وإنهيار الملاط.

وأخيراً، فإن الصبغات (الخضاب) نفسها يمكن أن تخضع لتغيرات فيزيوكيميائية في الوسط الرطب ويتغير لونها: فذات اللون الأمغر (أوكر) المحمر المتميأ مثلاً تتحول إلى الأصفر في حين أن الأحمر القرمزي cinabre الذى تغير إلى القرمزي المتحول métacinabre يصبح أسود. بعض التغييرات قد ظهرت في فترة مبكرة من تاريخ التصوير الحائطي: في حالة حريق (حادث كثير الوقوع في الزمن العتيق) فإن تركيب الملاط أو الصبغات يكون قد عانى من الحرارة الزائدة، أكسدة الكربونات كان لها أثر على حجم المواد وتغيرت درجة إشراق الألوان (التربة الصفراء تكون قد تحولت إلى حمراء أو بنية نتيجة لطرد الماء مثلاً).

أما في الوسط «الجوي» (حيث الرسوم التصويرية peintures غير مدفونة ولم يزاح التراب عنها بعد) فإننا نقابل إعتداءات من نوع خاص. بملامسة الرطوبة، فإن انهيدريد الكربون الموجود في الهواء (وهو من الملوثات الطبيعية الذى تزيد حدته في المناطق الحضرية والصناعية) يتسبب عنه بالفعل الحامضي عملية تغيير للطلاء والرسوم التصويرية التي أساسها الجير: إذا كان هيدرات الكالسيوم hydrate de calcium الموجود في الملاط أصبح مكربن تماماً أثناء التفاعل الأولي (انظر شكل ١)، فأن الماء المحمل بهنيدريد الكربون لا يصبح في إمكانه التفاعل إلا مع كربونات الكالسيوم. الحامضية الضعيفة للمحلول تحول كربونات الكالسيوم ببطئ إلى بيكربونات قابلة للذوبان، ثم يعاد ترسيبها على الطبقة التصويرية على هيئة غلالة بيضاء سميكة لحد ما (كالسيت ضعيف الذوبان) قادرة على تغطية الزخرفة تماماً.

في وسط جوى ملوث إصطناعياً، فإن تحول أنهيدريد الكبريتيد إلى حامض كبريتيك، (بالأكسدة والرطوبة)، يسبب إنتفاخ المواد الجيرية نتيجة لظهور كبريتات الجير. ويستتبع ذلك ضياع تماسك السناد.

بالنسبة لطلاء قائم في مكانه أو موجود في مكان مكشوف (صورتان ١ و٢) بشكل مؤقت أو نهائي فإن الأشعة فوق البنفسجية للضوء تسهم في شحوب وتغير الألوان. الحرارة المنبعثة من الأشعة تحت الحمراء يمكن أن تقود الى تقشر الطبقة التصويرية، عندما يختلف معامل تمددها بشكل كبير عن الجسم الحامل لتلك

الطبقة. الرطوبة المصاحبة للضوء، سواء كانت آتية من الشمس أم لا، تهيئ الظروف المناسبة لانتشار الكائنات المكروية، مثل الفطريات، والطحالب، وبهاق الحجر الذين يكونوا بقع ملونة على الطبقة التصويرية كما يهاجموا أيضاً مختلف طبقات التكسية. غير أن هذه التغييرات التي وإن بدأت مجهرية (ميكروسكوبية) إلا أنها يمكن أن تدمر مساحات واسعة. قد يتعرض المدماك أو حتى الجدران للإخلال من توازنهم بفعل نباتات من نوع آخر: نباتات متسلقة، لبلاب، مختلف الجذور، إلخ... وأخيراً، فإن الحشرات يمكن أن تحفر ممرات كبيرة جداً في الجدران وفى الملاط، وبالأخص إذا كان المكون الأساسي لهم هو التربة.



صورتان ١ و٢. نقوش مصورة «محفوظة» في موضعها الأصلي على وجهي جدار، وقد عجلت الإعتداءات الخارجية واستخدام الأسمنت بغرض التدعيم من عمليات تدهور وسقوط الطلاء.

يجب أن نضيف لتلك الإعتداءات الطبيعية إمكانية حدوث التدهور نتيجة للإنسان عن طريق: إعادة الصياغة المعمارية وإعادة استعمال مواد البناء بعد هجر الدور الوارد منذ الزمن العتيق، أوبعد الكشف عنها، أو حدوث عدم توازن «بيئي»، أو حماية سيئة، أو تخريب، أو ترميم غير مناسب.

وعلى الرغم من تلك المخاطر، فقد نشأت توجهات جديدة بفضل الوصول إلى تقنيات حديثة نسبياً وتطور لأساليب التفكير: فنحن نشجع الآن معارض الآثار في المتاحف المنشأة في «الموضع الأصلي» *In situ*. وكلما سنحت الفرصة يتم تكاملها مع المخططات الحضرية الجديدة (قبو كنيسة أثرى، إلخ...). وسنرجع لهذا الموضوع لاحقاً. ولكن بالنسبة للطلاء المصور المكتشف تحت الأرض في صورة قطع متكسرة، فإنه يكون قد فقد منه شخصيته الأولية وارتباطه العضوى مع العمارة، ويمكن أن يذهب الأمر الى فقد صورتها كأثر تذكاري. في حين أن عرضها على سناد حديث يمكن أن يجعل منها «قطع متحفية» جديرة بالإهتمام. يجب علينا إذا إعادة تكوين المنظر الأصلي، الذى يكون غالباً منقوص بشدة، والحصول على «صورة» Image من ما كان عليه بدون أدنى شك. حتى يصبح في الإمكان إجراء الدراسة، والحفظ وإبراز القيمة والعرض لتلك الكسور، فإن التنقيب يجب أن يتم بشكل منهجي للغاية: غالباً ما يجب إستيضاح كيفية حدوث عملية التدمير حتى تكون إعادة التكوين الصحيحة قابلة للتنفيذ. يكون من المستحب تدخل فنيين متخصصين قادرين على القيام بتلك المهام المتعددة، ويسمح هذا بكسب الوقت مع الحفاظ على المستند كاملاً.

التنقيب عن النقوش الجدارية

ما هى الطريقة التى علينا اتباعها عند التنقيب؟ يكون هذا بدلالة حالة المادة ذاتها والكيفية الكائنة عليها في التربة وما يزمع القيام به حيال إعادة الشكل لها وعرضها فيما بعد.

يجب أن يكون واضح في ذهننا أنه لا توجد أية مرحلة من هذا العمل قائمة بذاتها: فالمجابهة الدائمة بين مختلف مراحل التنقيب تكون ضرورية حتى لا نفقد مخزون المعلومات المفترض تواجده وقت الكشف، أو الذي سجل في وقت محدد من أعمال إزاحة التربة. تناول التنقيب بمنظور شامل هو وحده الذى يسمح بالاستغلال المكثف والمنهجي للمعلومات التى تم جمعها.

يمكن أن نجابه ثلاث حالات: القطع المتكسرة المقتطعة من الطلاء؛ المشاكل التى تطرحها الألواح المتماسكة، التي تأتي عن طريق تدمير في ذات الموضع أو انزلاق طبيعي للطلاء من على الجدار؛ مظاهر العمل المتعلق بالطلاء الموجود في مكانه على الجدار.

القطع المتكسرة المقتطعة من الطلاء

لا تدعو الحاجة لوجود أسلوب تقني خاص لجمع قطع الطلاء المقتطع في حقل الحفريات لأن توزيعها العشوائي بشكل كامل لن يسهم أبداً في إعادة تكوين منطقي للمنظر. وسنكتفي إذا بعمل التسجيل المعتاد الذى يتم مع أي قطعة أثرية أخرى يكون قد عثر عليها أثناء الحفريات، وهذا لأكثر الكسور الدالة علي زخرفة محتملة. في حالة الطلاء المتجزأ، يجب أن نعمل على إلتقاطه مع المحافظة على وضع القطع بعضها بالنسبة للآخر، بعد أن نكون قد رفعنا على غشاء (فيلم) شفاف الخطوط الحدية (الكنتور) في وضعها الأصلي. ويمكن استخدام لذلك الغرض أوراق من البوليان polyane أو لفائف من البوليان من نوع الكريستال cristal، تكون سميكة بدرجة كافية حتى نتجنب التشوهات الناتجة عن التغير في درجة الحرارة

أو من المعاملات. نقوم بذلك الرفع بواسطة أقلام «فلوماستر» feutre بالكحول غير قابلة للمحو، الاخطاء يمكن محوها بواسطة قطنة مبللة بالكحول. على كل رفع يجب أن نسجل تعريف الموقع، والإتجاه، وبيان الألوان إن وجدت، وخطوط الكسر، والنواقص.

الكسور التى يتم جمعها يجب أن تُخزن في أقفاص صغيرة من الخشب أو من مادة بلاستيكية (بها فتحات) أو في صناديق أكبر، مع التبادل فيما بين طبقات الطلاء وطبقات من الورق أو الورق المقوى (كارتون). يُنهى عن استعمال الأكياس البلاستيكية الغير منفذة بشكل قاطع، لأن التبخير الطبيعي للرطوبة المحتواة في الكسور لا يمكن أن يتم بحرية ويسبب هذا تكثيف يضر بحفظهم. يجب رص الكسور في صناديق كما كانوا موجودين في التربة، في مجاميع، دون اللجوء إلى عمل انتقاء. سيتم ذلك فيما بعد، على حسب ما تمليه الأبحاث للجمع بين القطع القابلة للتلاصق مع بعضها. إجراء لصق بمعنى الكلمة يكون أيضا غير مرغوب فيه في مرحلة أولى، حتى بعد تنظيف الحواف والسطح المصور، يمكن لتعدد سماكة طبقات اللاصق فيما بين مختلف الكسور ان تعوق التجميع المناسب عند التركيب النهائي. قد يكون من الضرورى عمل لصق فوري: قشور قد تنفصل، كسور هشة أو ذات أبعاد صغيرة يمكن ضياعها في تعاملات لاحقة. بعد وضع الكسور في صناديق، فإنها يجب أن تُخزن، في انتظار تكملة العمليات في مكان بمنأى عن التغيرات في درجة الحرارة، ورشح المياه ومصادر الرطوبة الأخرى. كل البيانات الضرورية يجب أن تصاحب الكسور في الصناديق وأن تكتب بحبر غير قابل للمحو ولا التغيير على مواد مقاومة للقوارض. وضع رسوم الكلك المنفذة في أثناء الحفائر (أو صورة منها) في الصناديق مع قطع الكسر المعنية، يُجنبنا تأخيرات عدة أو ضياع قد يعوق إعادة تجميع الألواح المتكسرة.

وأخيراً يجب التأكيد على الأهمية القصوى لتعليم الصناديق (وضع علامات عليها) بشكل واضح، مع تحديد محتوى كل منها، حتى لو حرصنا على وضع بطاقة تحمل البيانات الأساسية داخلها. التعرف بشكل عام على

الصناديق المُخزنة يصبح إذا ممكنا مما يجنب نقلها بدون داع وضياع البيانات الواردة مع بعض القطع الزخرفية. تصبح طريقة التخرين تلك أيضا لاغنى عنها للرسوم المصورة التى وجدت على شكل ألواح متماسكة، فالموضع الدقيق لها وقت التنقيب يجب أن يكون معروفاً حتى نقيم مخطط الحالة.

يمكن لنا القيام بعد التنقيب بقليل بتنظيف الكسور، وذلك على حسب الوقت المتاح وبالاخص الحالة التى عليها ملاط الطبقة التصويرية. تلك الكسور تنظف بشكل أفضل ما دامت التربة والرسوبيات المختلفة لم تجف بعد، ولكن يجب علينا التعامل معها برقة، وإذا تطلب الأمر إجراء تدعيم محتمل للقطع المتكسرة، ولكنه يكون من الأفضل الإمتناع عن ذلك وانتظار فني كفء. في أغلب الأحيان يكون التنظيف الميكانيكي باستخدام المشرط ذو السلاح المتحرك (كاتر) كافي، ولكنه يتطلب بعض المهارة حتى لا نترك آثار للمشرط على الزخرفة المصورة. يكون من الأفضل العمل بحركات دائرية، ونوجه السلاح بشكل موازى للسطح التصويرى بدون محاولة إزالة لسمك كبير عند كل مرور للسلاح على الرسوبيات. يجب أن نعتني بشكل خاص بتنظيف الحواف حتى نزيل من عليها أى أثر للتربة، أو للرسوبيات الصلبة، أو أى ترسيب يمكن ان يعوق التجميع السليم للقطع المتكسرة. يمكن أن يتم تنظيف الحواف بالدعك بالفرشاة على الناشف أو ببلّ الفرشاة إذا تحمل الكسر ذلك. ونستكمل العملية بواسطة سِن سلاح المشرط. تنظيف السطح الذى عادةً مايتم على الناشف يمكن أيضاً القيام به بواسطة قطع مبللة من القطن الماص. لا يجب علينا أبداً دعك الصورة ويلزم التأكد أن التربة المزالة أو القطن المستخدم لا يحملان آثار لون، لأنه في تلك الحالة تصبح المعالجة بالماء منهي عنها بشكل قاطع.

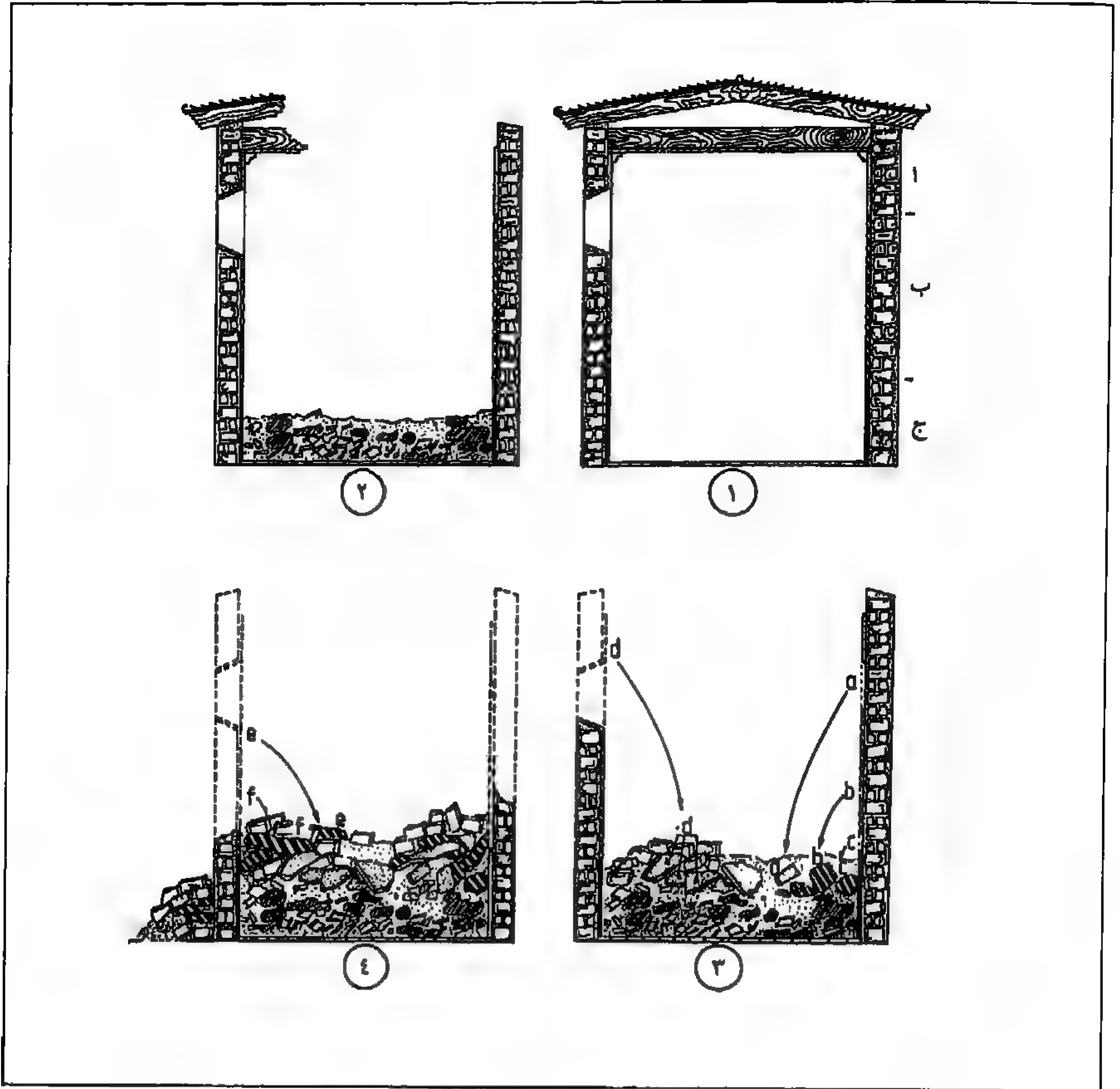
بعد تنظيف القطع المتكسرة بشكل مناسب وتمام جفافها، فإنه قد يكون من الضرورى عمل حماية للطبقة المصورة بواسطة راتنج أكريليكي في المحلول بتركيز من ٣ الى ٥ ٪ في مذيب عضوي (برالويد B 72 في الأسيتون). يكون دائماً من المستحب تجنب إجراء تلك العملية في الموقع،

لأنه يمكن إجراؤها لاحقا وفي ظروف أفضل في المعمل. عندما يكون هذا ضروريا، فإن المثبت يطبق على عدة طبقات متتالية ضعيفة التركيز حتى تتشرب به الطبقة المصورة بدون تكوين غلالة لامعة تعطى للسطح مظهراً براقاً.

النقوش على شكل ألواح متماسكة

النقوش الواقعة على الأرضية بالقرب من الجدار القادمة منه، تظهر على شكل ألواح لحد ما كبيرة موضوعة بطول هذا الجدار، تكون على شكل إما طبقة منتظمة أو ألواح متجزئة متداخلة (شكل ٣). يمكن بالفعل أن تتداخل الطبقات المختلفة عشوائيا نتيجة لتهاوي الطلاء على أثر إنفصاله عن السناد أو بالتدمير المقصود (إعادة استخدام المواد) وتصبح إذا العلاقة المراد إقامتها بين الجدار وتلك الطبقات معقدة، أو في بعض الأحيان معكوسة: الطبقات التحتية – قادمة من المناطق المرتفعة بالجدار، الطبقات الفوقية – قادمة من المناطق المنخفضة بالجدار.

كما يتضح من شكل ٣، فإن أسقف الحجرات وأسقف البيوت تنهار غالباً في أول الأمر ونجد أن الكسور الخاصة بها تتواجد مختلطة ببعضها على أرضية الحجرة. ينفك الطلاء أو ينزلق ويغطي تلك الأطلال، ومنطقياً فإن الرسوم المصورة في الاجزاء العالية تقع أول الأمر (ويكون الحال دائما على هذا الشكل عندما يتعلق الأمر بتدمير مقصود لإعادة استخدام حجارة الجدران). ولكن القطع المتكسرة الخاصة بجدار معين يمكن أن تتواجد متباعدة عنه (ركل بالقدم، تدحرج عند السقوط، إلخ...). وأخيراً فإن الأجزاء المستديرة الخارجة عن إستواء الجدار، سواء كانت مطلية أو لا، تنهار على المجموع. ويمكن لهم أن ينقلبوا بالطلاء الذى يغطيهم إلى الناحية الأخرى من الغرفة التى كانوا بها أصلاً.



شكل ٣. رسم تخطيطي لكيفية الإنهيار.

في كل أطوار العمل فإن هذا النوع من الحفائر يستلزم إحتياطات قصوى. يكون من الضروري أولاً السهر على عدم دهس الطلاء: يمكن وضع الواح من الخشب في أماكن مرور المنقبين. ثم نقوم بإلتقاط القطع المتكسرة مع مراعاة طبقات الإنهيار (وليس عشوائياً حسبما إكتشفت) حتى نجمع كل المعلومات التى نحصل عليها من الحوائط. يجب القيام بالتنقيب في مجموع المساحة الواقع فيها الطلاء (مساحة مفتوحة open area) مع إخراج الطبقات من بين الأنقاض الواحدة بعد الأخرى بشكل كامل وبدون

شق ممرات (يمكن أن تشكل مخاطرة باخفاء بعض مناطق الزخرفة). إذا كانت الألواح تنفصل من ذات نفسها وفي حالة ما إذا كان هناك عدة منقبين، فإنه يمكن لنا تخصيص مناطق مختلفة لكل واحد منهم مع أخذ كل علامات الحالة الممكنة على السطح وفي العمق ورفعها على ألواح «كَلّك» من البلاستيك. تلك الرسوم التخطيطية ستسهل البحث في التلاصق بين مختلف الألواح التى التقطها كل واحد في نطاقه.

التنقيب عن الطلاء الذي على شكل ألواح متماسكة يمكن أن يسير بالشكل التالى لكل طبقة انهيار (صورة ٣):

- تنظيف مجمل السطح الظاهر حتى نحدد إتساعه وشكله؛
- تصوير فوتوغرافي للمجموع؛
- رفع على ألواح الكَلّك البلاستيكية كما شرحنا فيما سبق بخصوص الطلاء المقتطع.

يكون من المستحب تسجيل معلومات أكثر إكتمالا على الكَلّك:

- تحديد الإتجاه باستخدام السهم وعلامة تدل على إتجاه الشَمال؛
- تعريف بالموقع، والحجرة، والجدار؛
- تعريف اللوحة (رقمها)؛
- تعريف بنقط الاستدلال المختارة: يجب على الاقل أخذ علاماتان A, B محددتان تماماً بالنسبة لعناصر ثابتة. تلك العناصر يمكن ان تكون مثلاً الخطوط الفعلية أو التخيلية الظاهرة لقطعة فسيفساء أو حوائط الحجرة، أو عتبة الباب، إلخ... وبعد تحديد تلك النقط بشكل نهائي فإنها تعطينا التوزيع الافقي للرفع. الدلائل من النوع الإستراتيجرافي تدون بالنسبة للأرضية أو على نقطة مختارة على السطح (حافة جدار مثلاً). وبهذا يتم تسجيل موضع كل لوح بالنسبة للذي يسبقه او الذى يليه، ويكون في مقدورنا استعادة المنظور الإستراتيجرافي لمقطع ما والمعطى عند نقطة محددة من الحفائر؛



صورة ٣. حفائر لطلاء مصور. تعليم للكسور على الأرض.

– ترقيم لقطع الكسور المكونة للوح: تلك الأرقام يجب أن يعاد تدوينها على لوح الكَلّك وعلى نفس الكسور. تكتب الأرقام على ظهر الكسر، بالحبر أو بالوان الجواش، أو أفضل بالألوان الأكريليكية، على سطح صغير طبقت عليه أو لا خلفية بيضاء. إذا إستحال عمل ذلك النظام، فإن الترقيم يمكن ان يتم على شريط لاصق (من النوع ذو المسام المِكروية micropore) يتم وضعه بتقتير على السطح التصويرى، لأن ملاط الظهر يكون خشن جدا ولا يسمح له بالالتصاق. لا تستعمل هذه الطريقة إلا للألوان شديدة المقاومة وغالباً بعد التثبيت (يجب الإختبار المسبق لرد فعلها عند إزالة اللاصق والمذيب الذى قد يكون لازم لإزالة أية آثار للاصق) ولا يتم استعماله إلا على أرضية موحدة اللون؛

– إذا كان من المحتم إجراء رفع دقيق وفورى نظرا للحالة السيئة للتصوير، فإنه يجب بيان الألوان عن طريق كود وبيان التفاصيل بالأخذ بأقصى حد من الدقة.

– ملء بطاقة (Sabrié, 1979) لكل لوحة مع البيانات التالية:

- الرقم الممنوح للوحة؛
- وضع اللوحة في الحفائر مع بيان إذا كانت تبدو من وجهها أو من ظهرها؛

● بيان لحالة الحفظ؛

● وصف مختصر جدا للزحزفة (إذا كانت تلك المعلومات غير متوفرة فإنه لا يجب أن ننسى تسجيلها بعد إلتقاط وقلب القطع)؛

● البيانات التقنية المرئية بشكل مباشر بالعين والمتعلقة بالملاط، وخاصةً علامات التعليق التى يجب أن نعين شكلها وأبعادها. قد يكون ضرورياً إزالة تلك الطبقة عند الإلتقاط، فيجب إذا أن تكون تلك المعلومات محفوظة وإن امكن مصورة إذا كانت في مجملها تحمل معنى ما (أخذ صورة عادية وباستخدام ضوء ساقط بشكل قاطع)؛

● جزء من البطاقة يمكن أن يخصص لرسم تخطيطي لوضع اللوحة في الحفائر، حتى لو كان هذا يبدو وكأن به إزدواجية مع الرفع فيلم بلاستيك؛

– إلتقاط وجمع الألواح

بعد إنتهاء الرفع وتسجيل كل البيانات التكميلية على بطاقات، نعمل على إستعادة الطلاء، ويكون متاح عدة طرق لرفعها على حسب حالة حفظ الألواح والشكل الذى تبدو عليه.

● الواح تبدو ووجها لنا وتمتلك ملاط مقاوم لحد ما

يكفي أن يُخلع اللوح من الأرضية أو تخلع الكسور المكونة له الواحدة تلو الأخرى، وذلك بإدخال مالج (فِرة) عريض تحت الملاط بالنسبة «للمقاسات الصغيرة» أو صفيحة معدنية رقيقة بالنسبة للأكبر من ذلك. يمكن أيضا إدخال أنصال قليلة العرض ودقيقة من الصلب تحت ظهر الرسوم التصويرية وذلك لفك إرتباطه، استعمال مطرقة ذات رأس من الكاوتشوك (دقماق) يسمح بامتصاص الإهتزازات عند إنغراز النصل.

● ألواح ذات وجه متغير وقابل للتفتت

وهي يمكن أن تحتاج منا إلى تدعيم للسطح قبل أى تعامل معها. في الشكل التقليدي، يشتمل هذا التدعيم على اعادة تثبيت يلحقه لصق يقوى من القشور والكسور الصغيرة إلخ...، التى تكون في طريقها للإنفكاك. كل الطرق التقنية تفترض تجفيف مسبق للكسور وتبدو صعبة المراس في وسط رطب. يجب أن يتم التحكم في جلب الحرارة التي قد تكون في

أحيان ما ضرورية لهذا التجفيف، لأنه قد يحدث تغييرات خطيرة: تشقق، إنفكاك، تقشر... (كما يحدث في التسخين الجائر الناتج عن حرارة الشمس). إعادة التثبيت يمكن ان تتم بالبرالويد B 72 بتركيز ضعيف (٣ إلى ٥ ٪)، الذى نطبقه عن طريق كمادات (من نوع المنديل الورقي ذو السمك المزدوج) حتى لا نحرك أى شيء إذا أمررنا فرشاة.

نعمل بعد ذلك على تلاصق السطح عن طريق طبقة من ورق اليابان الرقيق جداً (٩ إلى ١٥ جم / سم٢) و طبقة أو إثنين من الشاش القطني، مرن كفاية لكي يأخذ شكل أقل كسراً في حوذتنا (وذلك بعكس الشاش الصناعي، شديد الصلابة). لعمل هذا التلاصق يمكن أن نستخدم لاصق من الكحول البولى فيينيلي (رودوڤيول Rhodoviol نوع 5-30). مذاب في الماء بتركيز من ٥ إلى ٧ ٪ أو أيضاً محلول أكريليكي (برالويد Paraloïd B 72) بتركيز أقل من ١٠ ٪ (في الوسط الرطب فإن التريكلوروإثان trichloréthane يكون إذا مذيب افضل من الأسيتون) تلك العمليات تكون دائماً حساسة بحيث لا يتم عملها في حقل الحفريات إلا في حالة الضررورة القصوى. عند كل مرحلة، فإن إستعمال لاصق شديد التركيز يمكن أن يودي بالمعالجات السابقة، ويسبب «تلدن» plastification الطبقة التصويرية الذي يكون صعب الرجوعية.

● الألواح المقلوبة على الظهر

الألواح الصلبة يتم المرور على حوافها باستخدام مكشط (محك) أو مشرط، إلخ...، وترفع بحرص مع المراقبة المستمرة لحالة الطبقة التصويرية الواقعة إلى الأسفل. الترابط الضعيف للكسور أو قابلية التفتت للملاط يمكن أن يقودا إلى ترميم للكل. سنبحث إذا عن منتج شديد اللصق بشكل كافي لكي نعيد تماسك الملاط، على أن يكون في مقدورنا السيطرة على انتشار هذا المنتج. الأكريليكيات في المستحلب المائي (بريمال Primal AC 33 المخفف) والأقل في النفاذية من المحاليل السابق ذكرها، يلبى تلك المقاييس. بالنسبة للكسور شديدة التغيير يبدو أنه لاغنى عن وضع شاش للتقوية على الظهر يسوى بكحت دقيق لجزء من الملاط (غالبا ما يكون

الأريسيو arricio). أستات البولي ڤينيل في مستحلب مائى (لاصق أبيض من نوع Sader) يمكن أيضاً أن يستخدم لتلك العملية، ولكن النتائج تكون غير مضمونة ووقت التجفيف يكون أطول. في حالة التدهور الأقصى، فإن تحضير غلاف حول الكسور المهددة يمكن أن يجعل التخليص أقل خطراً. كل تقنية يكون لها عيوبها. الجبس أو الأربطة الجبسية يمكن أن تقيم قوى شد أثناء شكها وتخلق مشاكل عند نزعها فيما بعد. رغاوى البوليرتان، تكون خطرة أيضا للمُستخدم، ويمكن أن تتسبب في أضرار بالغة عندما يكون انتشارها وتمددها غير متحكم فيهما بشكل صحيح.

- الألواح «الملحومة» مع عناصر اخرى أو مع بعضها البعض

قد يحدث أن يكون من الصعب جداً انتزاع الألواح من بعض العناصر التى تكون ملتحمة معها، النشر والحفر (تحت الجدار) بإحتراس شديد، الحقن بالماء أو بالكحول أو بخليط الماء/الكحول: كل تلك التقنيات ترمي إلى إحداث الانفصال بأقل قدر ممكن من الضغوط، مع مراقبة خاصة للتفاعلات في الطبقة التصويرية. عندما يتعلق الأمر مباشرةً بتلك الطبقة (إلتصاق ألواح بين بعضها البعض من وجهها المصور مثلاً) فإن إضعاف منطقة التماس، الذى قد يضر في أية لحظة بالتصوير، سيتم القيام به بشكل أكثر حرصا في المعمل.

بعد إخراج المجموعات من الأرض يتم وضعها في صناديق تحفظ كما أوردنا مسبقا، ونُذكر أن يكون ذلك في أماكن بمنأى عن التغيرات الكبيرة في درجات الحرارة والرطوبة الجوية.

تفرض تدخلات التدعيم التى لزم إجراؤها عند الرفع من موقع الحفائر، إحتياطات وتفكير متروي صعب توافقهما مع التسرع السائد في بعض حفريات الإنقاذ. ويجب مع ذلك أن نلزم أنفسنا بإحداث أقل تغيير ممكن للطبيعة الفيزيوكيميائية للطلاء (حتى لا نُضيع إمكانية التحليل في المستقبل)، مع الانحياز كلما أمكن جهة التدخلات الدنيا والرجوعية.

النقوش الجدارية المصورة الموجودة في مكانها عند التنقيب

الكشف الكامل عن أجزاء من الرسوم المصورة المحفوظة في مكانها على حائط يتم عامةً بالتوازى مع التنقيب عن الألواح الساقطة، أو التي قد إنزلقت من على الجدار وتراكمت أمامه. عند الكشف عن الرسوم المصورة يجب تصويرها فوتوغرافيا بدون تأخير: هذا المستند للحالة الأثرية الحالية يكون ذو قيمة كبيرة في حالة ما إذا تدهور الطلاء الخارج من الأرض بسرعة بملامسته للهواء أو حتى انفصل عن الحائط. للحفاظ على تلك الرسوم المصورة المهددة فإن الآثارى يجب أن يكون متاح له بشكل سريع الإستعانة بمساهمة الاخصائيين.

عندما يكون الطلاء صلب وملتصق جيداً مع السناد وتكون الرسوم المصورة مقاومة، فإننا نقوم بتنظيف الزخارف بواسطة طرق ميكانيكية وعن طريق وضع كمادات رطبة من قطن السليلوز نلفها كلما تقدمنا في تلك العملية. نتقدم من أعلى إلى أسفل مع مراعاة التنشيف المستمر للسطح المرسوم بورق ماص. عندما يصبح الجدار نظيفاً تماماً وجافاً، فإن الطبقة التصويرية يمكن أن تُثبت، إذا احتاج الأمر، بمحلول أكريليكي (برالويد Paraloïd B 72) مخفف من ٣ إلى ٥ ٪ في الأسيتون، عند تلك المرحلة يتم عمل صور فوتوغرافية جديدة، ورفع للزخارف على فيلم من البوليان polyane، هذا الرفع يجب أن يُظهر أيضاً النواقص (وعمقها) والمناطق البالية، والكتابات العشوائية المدونة عليه graffiti، وموضع الرفع، وبيانات الأساليب التقنية (أيام العمل...)، والترميمات العتيقة (أو الحديثة) إلخ...

تلك العمليات التى تعتبر جزءاً لا يتجزأ من التنقيب بمعنى الكلمة، تُشكل أيضا باكورة الأعمال التى تقود إما إلى الحفظ في الموقع الأصلي للشواهد وإما إلى رفعها. بغض النظر عن القرار النهائي، فإن تلك العمليات يجب القيام بها بشكل سريع، من بعد الإنتهاء من تسجيل البيانات الأثرية مباشرةً. معالجة الرسوم المصورة التى تكون ما زالت باقية في مكانها على الجدران يجب أن يعقب الحفريات بأسرع ما يمكن، فحتى لو أخذنا بمبدأ رفعها منذ البداية، فإن القيام فوريا بعمل حماية مؤقتة يكون من أولى الإحتياطات الواجب الأخذ بها.

معالجة في حقل الحفريات
للطلاء الموجود في نفس مكانه

حماية مؤقتة

الرسوم المصورة (التصوير) peintures التى وجدت في مكانها من خلال حفائر الإنقاذ (في موقع عامةً ميئوس منه ...) يتم عادةً رفعها في أقصر وقت ممكن. في حين أنه، من بداية الكشف عنهم يكونوا معرضين لأخطار تدهور متعددة مرتبطة بالتقلبات الجوية، والبيئة المحيطة بشكل مباشر، والحركة الناتجة عن مواصلة الحفائر (زد على ذلك تأثير مركبات الأشغال العامة). إذا كانت حالة حفظهم تبدو غير مرضية فإن تلك المخاطر يتعاظم تأثيرها بشكل أكبر ويكون من المفضل قبل المضي في التنقيب اللجوء إلى فني متخصص في معالجة تلك المواد، التى غالباً ما تصيب «غير ذوى الدراية» بالبلبلة. إذا كانت حالة حفظ الرسوم المصورة تسمح بالإنتظار قبل التدخل، فيجب حمايتها من أشعة الشمس، ومن المطر ومن مختلف الظواهر المرتبطة بالرطوبة، وذلك بإقامة سقف بسيط (تسقيفة) تتعدى مساحته، المساحة الموجود بها الرسوم المصورة.

الحماية الأسرع والأقل تقييداً بالنسبة لباقى الحفائر تتلخص في إقامة هيكل خشبي (رافدة (لاطة أو لوح خشبى سميك)؛ ومووردزة (شّدة أو قوائم خشبية يثبت عليها الأردواز أو القراميد)؛ أو ألواح خشبية صغيرة)، أو أفضل من ذلك مواسير نصب السقالات التى نضع عليها الواح من الصاج المتعرج أو من الألياف الأسمنتية fibro-ciment (مثل الأسبستوس) أو من اللدائن الشفافة مثل (الألياف الزجاجية «فايبر جلاس»). يمكن لنا أيضا التغطية بقلّع من القماش الغير منفذ للماء، أو من البوليان (مادة بلاستيكية) المسلح أو السميك، والذى نثبته بين عوارض من الخشب حتى نضمن مقاومة الشكل الكلي لوزن الماء والرياح، يتم حساب ميل ذلك الغطاء بحيث لا يتسبب إنسياب ماء المطر من عليه في طرطشة أو نشع للماء بالخاصية الشعرية يمكن أن يصل إلى الجدار،

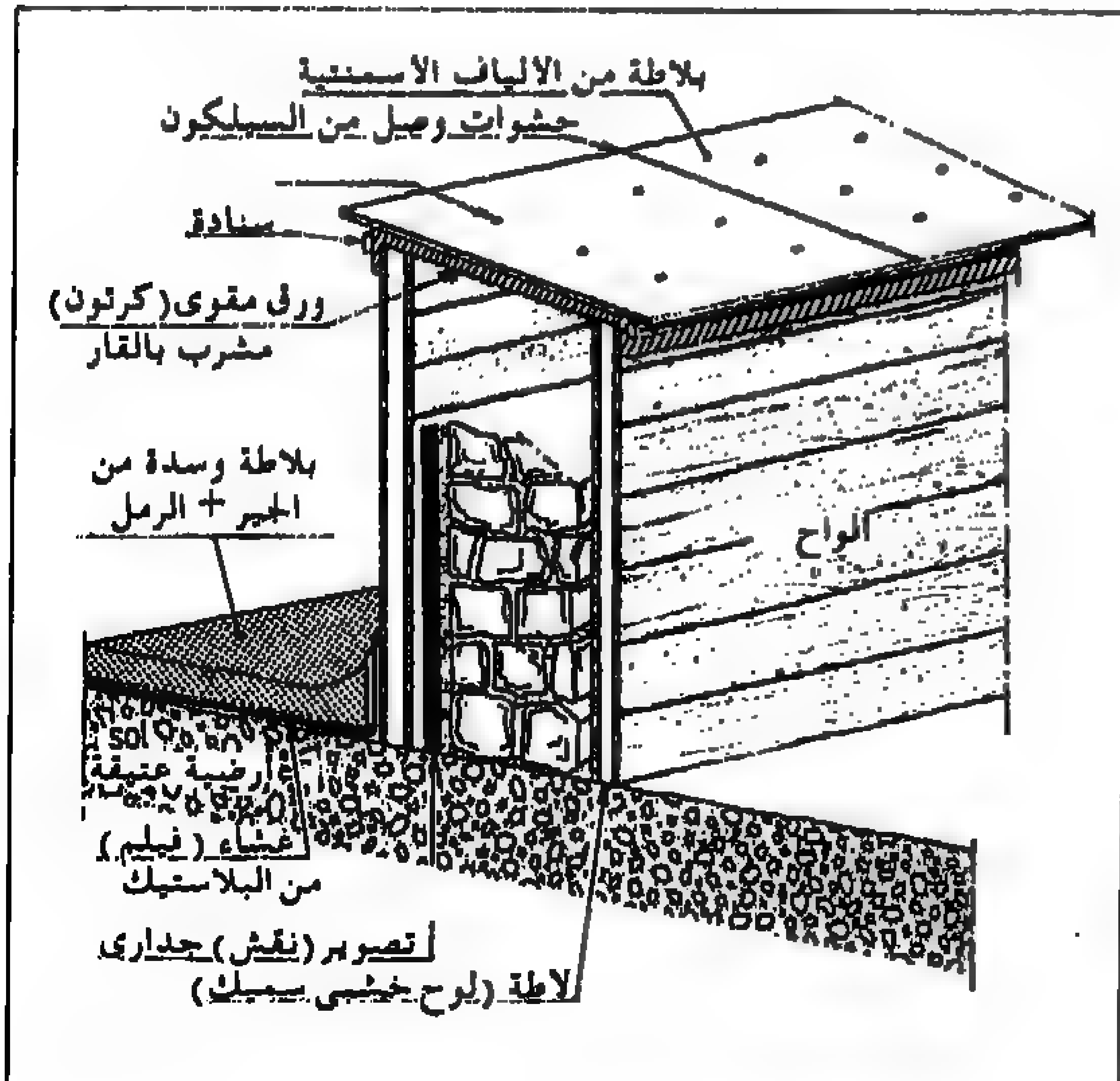
ولكن ايضا مراعاة حماية الرسوم المصورة من أشعة الشمس (الأشعة فوق البنفسجية UV وتحت الحمراء IR). ترك الرسوم المصورة في الهواء الطلق يجعلها تجف بطريقة طبيعية، مما يسهل من أعمال الرفع اللاحقة، ويبطئ من نمو الكائنات المِكروية أو النباتات التى يتوفر لها وسط مناسب بفضل الرطوبة. سنسهر من ناحية أخرى على تحويل مسار مياه المطر المتجمعة، عن طريق قنوات صرف صغيرة، وسنمتنع عن وضع غشاء غير منفذ للماء من نوع البوليان على سطح الطلاء حتى نتجنب أى تكثيف. إذا كان جزء من التربة يُشرف على الجدار المنقوش ويكون ملاصق له مباشرةً (مقطع ستراتيجرافي (طبقي) مثلا) فإن مياه الصرف يجب ان يتم تحويلها إلى مستوى أعلى: عمل تغطية، شق خندق (ترانشة)، إلخ...

الصوبة الزراعية (بلاستيك مشدود على اقواس من الألمونيوم) يمكن أن تؤدى نفس الغرض مع كونها خفيفة وغير مُنفذة للماء (مما يسهل من التسخين المحتمل عند الإحتياج) ويكون تركيبها سهل عندما تسمح الأرضية بذلك: عندما تكون الشمس شديدة، فإن التهوية المتحكم فيها تنظم درجة الحرارة ومعدل الرطوبة النسبية الداخلية.

تلك الأنظمة تتطلب القليل من مراكز الإرتكاز على الأرضية وتترك ممرات حرة حول الرسوم المصورة. يمكن إذا أن نمضي في الحفريات إذا اخذنا حذرنا في عدم الإرتطام بالحائط المنقوش. الهيكل المُركب بعلو، يُغني عن الفك والتركيب اليومي لدعامات الحماية التي يجب ان تقام كل ليلة وفى الأيام الممطرة، ولا يتعطل معها أعمال الرفع أثناء التقلبات الجوية.

في حالة الأسطح المنقوشة الصغيرة (أو عند ضآلة الموارد المالية) يجب إقامة وقاء «على حسب المقاس» لكل نقش واختيار المواد وكذلك أساليب تشغيلها بدلالة الوقت اللازم للرفع. بغض النظر عن طريقة الحماية المزمعة فإنه يجب علينا الأخذ في الحسبان ضمان الرطوبة مع العلم أنه يكفي من ٥ الى ١٠ دقائق لكي يظهر على جدار معرض للشمس وجاف ظاهريا دورة تبخير/تكثيف/إنسياب مياه. يجب علينا إذا أن نكون متيقظين ولا ننسى التهوية اليومية للمجموعة المراد حمايتها.

إذا تأخر التدخل لسبب أو لآخر فإنه يجب علينا إقامة تراكيب أكثر متانة (شكل ٤) (ويرجع هذا لأسباب منها: انتظار حملة الحفريات التالية، انتظار التمويل، عدم التيقن من وجوبية الرفع، إلخ...). يمكن أيضاً أن يجول بخاطرنا «إعادة دفن» الكل حتى نحميه من قسوة الشتاء أو من الزيارات الغير مرغوب فيها. سنستعمل عندئذٍ الرمل أو التربة بعد أن نكون قد حمينا الحوائط المنقوشة عن طريق نسيج géotextile له خاصية عدم النفاذية للماء والسماح بسريان الهواء (مثل «Vidln» المباع في مراكز توزيع CIMA للأشغال العامة). إذا لم نتمكن من الحصول على المواد المشار اليها فإنه يكون من الأفضل الامتناع عن تغطية الرسوم المصورة بأى غشاء غير مُنفذ للماء والإكتفاء بالدفن مع الإحتياط. في الواقع، إن أبسط الحلول يتخلص في الغالب في تصنيع هيكل خشبي بواسطة ألواحٍ وقوائم خشبية سميكة ومادة عازلة تقوم بعمل السقف (ألواح Eternit مثلاً). فالتبطين (تنجيد-كابيتونيه) من البوليستيرين، الذى نعمل فيه فتحات للتهوية يضمن مقاومة التجلد ويشكل حاجز للأشعة الضوئية، إلى جانب أن استعمال شبكة من النوع المستعمل «فى تغطية الأطعمة» (صنف Textiglass الذى يباع في محلات المستلزمات الزراعية) يتصدى لمرور الحشرات والحيوانات الصغيرة.



شكل ٤.
حماية مستديمة في إنتظار المعالجة.

في الأقاليم الفرنسية، رؤى أنه حتى الآن يكون من الأعقل اقتطاع الرسوم المصورة من مكانها الأصلي (حيث تكون معرض لتدهور قابل للتحكم فيه بشكل أقل أو أكثر) على أن تحفظ على جدرانها العتيقة. فعلى الرغم من الإتجاه الحالي لتشييد متاحف أثرية في أماكن الحفائر وحفظ الزخارف على سنادها الأصلي، فإن التجربة تدفعنا الى أن نظل حذرين في الاختيارات التي يجب عملها خلال سير الحفائر: نحن نعرف أن ظواهر التغيير للطلاء تكون من النوع «الأسي» exponentiel وتؤدي سريعاً إلى التدمير التام عند العجز في أى عنصر من عناصر النظام المعمول به (التمويل، العمالة المتخصصة، الصيانة على المدى الطويل).

المحافظة على الرسوم المصورة peintures وهى في مكانها الأصلي *In situ* على جدرانها يفرض علينا في أغلب الأوقات استعادة واستكمال التدعيم والتنظيف الذى نكون قد بدأنا فيه من أول إزاحة التربة عنهم. التقنيات المستخدمة يجب أن يكون لها صفة البقاء، مع كونها متوافقة مع الرفع الذي يكون أول خطوة فيه تطبيق تلك التقنيات. إذا إستبعدنا القيام بالرفع وقررنا الاحتفاظ بالطلاء في ذات مكانه الأصلي لفترات طويلة، فإن عمل حماية نهائية يكون لا غنى عنه. سنقوم بتحليل تلك المراحل المختلفة من العمل في الحفظ في الموقع الأثري الواحدة تلو الأخرى.

تدعيم وتنظيف في «الموضع الأصلي»

عند ازاحة التربة عن الرسوم المصورة فإنه يتم تصويرها فوتوغرافيا وتُرفع مساحيا على فيلم من البوليان الذى يُظهر جميع التفاصيل الممكنة للزخرفة وكذلك مختلف أنواع ودرجات التغيير. ذلك التغيير وأسبابه يصيرون محلاً لدراسة تقنية (كتابة تقرير وعمل بطاقات) ويقومون بتوجيه برنامج للتدخل بكل ما يحمل من تنوع لنخبة مختارة من منتجات التدعيم التي تفي بالغرض.

قبل البدء في التدعيم، نقوم بالتنظيف على الناشف للنقوش (باستعمال فرش طرية وريشات رسم) مع الأخذ في نفس الوقت بأساليب الإنقاذ السريع (بالنسبة للنقوش المتغيرة والمنفصلة عن سنادها: وضع لورق اليابان والشاش القطني الذان يقام بلصقهما بالبرالويد B 72 بتركيز ٥ ٪).

تدعيم السطح

نقص تماسك السطح التصويري يتطلب استعمال راتنج أكريليكي في المحلول (برالويد B72 بتركيز من ٣ الى ٥ ٪ في الأسيتون) الذى ينفذ بعمق كافي لإقامة روابط داخلية. من ناحية أخرى، فإن عدم الالتصاق السطحي الناتج عن فقد الالتصاق بين «الانتناكو intonaco» و«الاريسيو arriccio» يتم التعامل معه بواسطة مستحلب أكريليكي (بريمال Primal AC 33 مذاب في الماء: بتركز ٥٠ ٪) والذي له مقدرة منخفضة على الإنتشار في حين أن قدرته اللاصقة العالية تناسب بشكل أفضل هذا النوع من التغيير، يتم حقن هذا المستحلب بواسطة سرنجة أو مضخة من الكاوتشوك (على شكل الكمثرى): نبعث بخليط ذو توتر فعال tensio-actif (ماء/ إثانول بتركيز ٥٠ ٪) له توتر سطحي منخفض لكي نضمن البلل الجيد للجدران. بعد نفاذ المستحلب بشكل جيد، فإننا نقوم بعمل ضغطة بسيطة على الطبقة المنفصلة بواسطة ملعقة صيدلي (فِرة) spatule رطبة، مما يسمح بلصق شبه فوري.

التدعيم في العمق

استعمال كازيات الجير (١٠٠ جرام من الكازيين caséïne الى ٩٠٠ جرام من الجير المطفي المحتوي على بقايا عضوية نكون قد قمنا بغمره لعدة ايام + من ٥ إلى ١٠ ٪ PVA كمادة ملدنة) أو صبة الملاط (جير مائي، طوب على هيئة مسحوق ذو حبات دقيقة جداً، مستحلب أكريليكي وجلوكونات الصوديوم gluconate) قد تم تجربتهما في ICCROM (Ferragni *et al.*, 1984, p. 114-115) ويوصى باستعمالهما للحقن في العمق عندما تكون الطبقات

المختلفة للملاط متفككة (فيما بينها أو بالنسبة للجدار)، أو إذا لاحظنا جيوب هواء فيما بينها. تتوافق تلك الخلطات مع الملاط العتيق المكون أساساً من الجير: فهي تتفاعل بنفس طريقتها في مواجهة الإجهادات الخارجية، ولا تعوق التدخل الخارجي المحتمل في حالة رفع مستقبلي.

يتم استغلال الكسور والنواقص لإدخال الخليط. مكابس الضغط (المكونة مثلا من ألواح من الخشب المبطن والمعزول بواسطة فيلم من البلاستيك) يتم وضعها على المناطق المراد معاملتها وبين كل حقن والآخر نلاحظ ترك وقت كافي للتجفيف (الضغط على الكتلة وهى ما تزال في حالة سائلة يمكن أن يتسبب في إنهيار الرسوم المصورة peintures). يتم مسبقاً بلل الجدران الداخلية بالإثانول المخلوط بالماء، ثم بعدة مقادير من المستحلب الأكريليكي المخفف (بريمال Primal AC 33).

يتم تقوية وحماية الحواف الظاهرة لمختلف سماكات (تخانات) الطلاء بواسطة جص للملاط الجيرى (مقدار جير، ثلاثة مقادير شحنة) النسيج واللون يتم استلهامها من الملاط الأصلي.

نفس الخلطة تستعمل لسد ثغرات النواقص التي تهدد التوازن (من حيث المادة والشكل الجمالي) للجدار. يتم عمل ذلك السد للثغرات بشكل فيه تراجع بالنسبة للسطح العتيق.

التنظيف

يكون التنظيف بالطبع أسهل على رسم مصور خالي من أى تدعيم سطحي. يجب أن يُعمل التفكير في ترتيب عمليات التدخل، وأن تكون على المناطق التى لم يجر لها تدعيم وتستطيع تحمل التنظيف، سيتم عمل التثبيت بعد ذلك.

يمكن استخدام العديد من المذيبات والمخاليط الكيميائية لتنظيف الطبقة التصويرية. سنلاحظ ان الإتساخ السطحي الناتج عن دفن الرسوم المصورة نادراً ما يقاوم الماء (بنسبة ٥٠ ٪) مضاف إليها الإثانول (٢٥ ٪) والأسيتون (٢٥ ٪) ونقوم بتطبيقه على السطح بواسطة قطعة من القطن بدون حك.

إذا كانت الطبقة التصويرية مغطاة بالرسوبيات أو بطبقة منتظمة من الكالسيت (غلالة بيضاء تغطي الزخارف) فيجب أن نلجأ الى معالجات كيميائية أو ميكانيكية خاصة. بعض الرسوبيات يمكن إزالتها بالترطيب (بالماء) وبإعمال المشرط ولكنها في أغلب الأحيان تبقى صامدة. الخليط «AB 75» والذى أعده P. Mora (Mora *et al.*, 1977, p. 400-401) يعمل بنظرية ترك محلول من الأملاح ضعيفة القاعدية لكي يتفاعل وهو يطبق بواسطة مادة هلامية (چل) عضوية عن طريق كمادات شفافة ورأسية، إضافة مادة لها توتر فعال tensio-actif يُحسن من التلاصق محلول/سطح. تكون هذه العملية سهل التحكم فيها ويكون زمن التطبيق فيها متغير، وهي تبدو في حالات ما فعالة (في حالة غلالة الكالسيت الرقيقة)، أو عندما تكون الطبقة التصويرية مقاومة للماء.

وليس من النادر أن نتخلص من الرسوبيات العنيدة بالصبر وحده مع إعمال حد المشرط بمهارة ويكون من المهم جدا ألا نستعمل أبدا حامض حتى لو كان خفيفاً فالطلاء الجيري لن يصمد له.

يمكن لنا أن نقوم بتطبيق محلول أكريليكي، بتركيز من ٢ الى ٥ ٪ على حسب حالة الطبقة التصويرية التي غالباً ما تكون غير متساوية من منطقة سطحية ملونة إلى منطقة سطحية ملونة أخرى، وذلك بعد التنظيف والتجفيف التام للأسطح. هذا الغشاء الرقيق يثبت ويحمي الرسوم المصورة مع إكسابها مظهر أكثر وضوحا (إعادة لحالة سطح متجانس مع تلافي الظواهر الضوئية لتشتت الضوء).

غير أنه يكون من المناسب عدم ترك آثار نتيجة لإستعمال الريشة وتجنب أى تأثير لمعان ناتج عن المغالاة في السمك.

مشاكل التمويل تقف غالباً حائلا لتدخل مجموعة من الفنيين المتخصصين، وقد نميل إلى الإعتقاد أن بنّاء ذو خبرة قد يستطيع إنجاز أعمال التنظيف والتدعيم في ذات الموقع... ولكن هذا غير صحيح لأنه لا توجد قواعد مطلقة، وإن كان هناك محظورات قاطعة (قواعد، أحماض ومذيبات قوية، أسمنت عادي وأسمنت سريع الشك، مواد معدنية،

إلخ...) ووجوبية الدراسة الدقيقة لكل حالة قبل بدء حقل الحفريات. مشروع الحفظ في ذات الموقع نفسه يجب أن يتقدح بشكل وجوبي منظومة مالية وتقنية للجوء لمشاركين من ذوي الخبرة: معماريين، قائمين بالحفظ والترميم، آثاريين، قائمين بالحفظ، إلخ... أكثر طرق التدعيم للطلاء فاعلية لا تغني عن الأخذ بالإحتياطات اللازمة لحفظ التكوينات الحاملة وتهيأة الموقع (انظر الباب القادم). ويكون من الأفضل، إذا لم نضمن عمل تلك الاحتياطات في مجملها، عمل برنامج فوري لرفع الرسوم المصورة peintures وترميمها لاحقاً في المعمل.

الرفع

على مر عملية الرفع فإن الرسوم المصورة تنفصل عن سنادها الأصلي وينتج عن ذلك تشويه لا رجوعي لهذا وذاك. علاوة على أن التدخل يكون بمثابة صدمة عنيفة للرسوم المصورة: ولهذا فإن القيام بعمل حماية فعالة للطبقة التصويرية يسبق النقل الفعلي لها ويجعلها تتحمل ذلك بدون أضرار.

البحث المرجعي السابق للرفع يكون مطابقاً لما نقوم به من تجميع للمعلومات أثناء التدعيم «في نفس الموضع». نقوم بعمل رفع بياني دقيق (لوح كَلّك ومقياس رسم ١/١ على فيلم من البوليان) وعليه نضع علامات، للأوضاع بالنسبة للشكل المعماري ككل: وتلك العلامات ستفيدنا في الدراسة الأثرية وعلى نفس القدر في إعادة الوضع المستقبلي للزخارف المصورة بعد نقلها على سناد حديث. التغطية عن طريق التصوير الفوتوغرافي تكون مكملة للتوثيق، ونقوم بالتسجيل على بطاقات للمعلومات المتعددة المتعلقة بحالة الطلاء والرسوم المصورة، والتدعيم المحتمل إجراؤه، والتنظيف، والرفع، وعند الإقتضاء الملاحظات عن سير تلك الأعمال.

يفضل عمل تنظيف بعيد المدى قبل لصق طبقات الحماية. في حين أننا نمتنع عن عمله على الرسوبيات شديدة الصمود، ويكون التخلص منها في المعمل أكثر يسرا وأقل خطورة بالنسبة للطبقة التصويرية.

بعد إعادة تثبيت الطبقة التصويرية بواسطة (برالويد Paraloïd B 72 بتركيز ٥ ٪) نقوم بسد النواقص والنتوءات التي يحتمل أن تضر بتماسك الطلاء عند انتزاعه من على الجدار. يمكن للمواد المستعملة لهذا الغرض، أن تختلف من حالة إلى أخرى غير أنها يجب أن تكون سهلة الرجوعية: جبس، ملاط جيري، خليط من الرمل الخشن لحد ما مع كحول بولي فينيلي (رودوڤيول Rhodoviol نوع 5–30 بتركيز من ٥ الى ١٠ ٪)، إلخ...

عند تلك المرحلة من العمل وفى حالة وجود مساحات كبيرة مطلوب رفعها فإنه يجب علينا وضع مخطط للتقطيع على هيئة مقاطع (بانوهات) متعددة تراعي وجود النواقص والشقوق والتغييرات وكذلك خطوط الزخارف. وبعد تحديد أماكن التقطيع والأرقام الممنوحة للألواح فإنه يجب بشكل قاطع بيان ذلك على الرفع المساحي للأشكال بالحجم الطبيعي من أجل السماح بإعادة التجميع المستقبلي للمجموعة ككل. ويمكن لمجموعة عمل كفئ مزودة بالمعدات اللازمة القيام بالرفع لأسطح شاسعة مرة واحدة. تأخذ العملية بُعدا غير عادي، وللأسف لا يمكن تبرير القيام بها إلا للقليل من الحالات فقط.

تلك التقنيات التي يتطلب تنفيذها إمكانيات كبيرة، تُظهر ميزة كبيرة في الحفاظ على الرسوم المصورة من الشقوق القطعية اللارجوعية التى تتم أثناء التقطيع.

أما عادةً، بعد عمل مخطط التقطيع، فإننا نبدأ بعمل المرحلتين الأولتين من تعرية السطح. نتجنب بذلك أقصى حد للفقد عند شق الطلاء بواسطة المشارط (مشرط ذو نصل قابل للحركة، أو مشرط ذو نصل ثابت في حالة الملاط المقاوم أو إزميل صغير لكسرالحجر نكون قد قمنا بالدق عليه بشكل بسيط لترقيق حافته).

تُغطى الطبقة التصويرية بمربعات من ورق اليابان (من ٩ إلى ١٥ جرام / متر^{٢}) متداخلة بعض الشيء وملصقة بمحلول أكريليكي (برالويد B 72) بتركيز ٥ ٪. يوضع الشاش القطني بنفس الطريقة ولكن مع محلول بتركيز ١٠ ٪. التغطية البسيطة للمربعات الواحدة فوق الأخرى تشكل ما يشبه

الدرع شبه المقوى ويتم إجراء الشق، وكل معالم الزخرفة ظاهرة بكل تفاصيلها. نلصق بعد ذلك مربعات من نسيج الجوت (٢٢٥ جرام/متر٢) أو القطن ذو النسيج المرتخي لحد ما الذي يضمن المرونة والالتصاق الجيد. يتم حينئذ تركيز المحلول الأكريليكي من ١٠ الى ٢٠ ٪. نأخذ إحتياطنا لتعليم رسمة مخطط التقطيع حتى نتمكن من شق تلك القماشة عند جفافها. يتم تدوين إتجاه (الشمال) وكذلك رقم اللوح بالقلم الفلوماستر الغير قابل للمحو على القماشة. القماش والشاش يجب أن يتجاوزا بمسافة ٢٠ سم أبعاد السناد المؤقت المخصص للنقوش عند إقتطاعها من على الحائط وعند تخزينها. هذا السناد -المعمول من ألواح سميكة من الخشب المضغوط أو الواح طبقية (على شكل خلية النحل من الألمونيوم موضوعة فيما بين قطعتين من النسيج الزجاجي المشبع براتنج ابوكسي)، أو قوالب من الخشب إذا كانت النقوش غير مستوية (زوايا، منحنيات، تشكل شديد،...)- يتم وضعه على النقوش بعد أن نكون قد قمنا «بتبطين» السطح، أولا باستعمال ورق الجرائد، ثم بألواح من رغاوي البوليسترين. يمكن أيضا أن نستخدم البولى يوريتان المتمدد الذى يأخذ تماماً شكل السطح التصويري ويلتصق بالركائز الخشبية. قبل انتزاع الرسوم المصورة من على الجدار نطبق ونثبت بقوة على السناد الحواف الحرة للقماشة. في أثناء الرفع، فإن السناد يجب نصبه بشكل ثابت مقابل للجدار (باستعمال سنادات، وركائز، إلخ...) حتى نتجنب أى تشكل للنقوش عند مرور الأنصال التى ستقوم بانتزاعها من على الجدار.

نقوم بسن ناحية من تلك الأنصال المصنوعة من الصُلب نصف الصَلب والمسطحة (بسمك من ٢ الى ٣ مم) ويتم إدخالها إما في أقرب وضع لها بالنسبة للجدار (عندما يكون جزء كبير من الملاط قد ذهب) أو فيما بين طبقات الملاط، مستفيدين من مستوى إنفلاق ما. من الناحية النظرية، فإننا يجب أن نعمل من أسفل إلى أعلى حتى نتجنب تراكم حطام الملاط خلف الطلاء، وكذلك الضغوط التي قد تحدث على حطام النقوش. أما عمليا، في حقل الحفريات، فيكون هذا في أغلب الأحيان مستحيل (أرضية تحتية لم يتم

التنقيب فيها، أو يكون الحفر ممنوع في عمق أكبر من ذلك) وعندئذ نمرر الأنصال من أعلى أو على جوانب الألواح عندما لا تكون عالية. على حسب حالة الطلاء وصموده لمرور الانصال، فإننا نستعمل مطرقة من الكاوتشوك (دقماق) أو قادوم (شاكوش) عادي أو مطرقة ثقيلة (مرزبة).

عند انفصال اللوح، فإنه يتم قلب الكل مع السناد المؤقت والذى ندون عليه رقم اللوح وإتجاهه في حقل الحفريات. يتم تصوير خلفيته فوتوغرافيا، وكذلك الحائط وقد «تعرى» نتيجة للرفع. إذا كان الوزن ثقيل جداً، فإن ظهر الملاط يمكن ترقيقه، ولكن يفضل الاحتفاظ به لأغراض الدراسة وكحماية في إنتظار المعالجة في المعمل. يتم تخزين اللوح منكفئ على وجهه في مكان يخضع لقواعد واشتراطات الحفظ التى سبق ذكرها بالنسبة للكسور داخل الصناديق.

الحماية النهائية

نظرا للطبيعة غير الرجوعية المختزلة لعمليات الرفع، فإن البديل عن الرفع هو الحفاظ على الزخارف «فى نفس موضعها» في المواقع الأثرية. ويكون هذا الحل هو وحده الذي يحافظ على وحدة وشخصية الرسوم المصورة في المكان والزمان، وبنفس مادتها (مظهر الأسطح، التشكل، علاقة الألوان مع البيئة المحيطة، إلخ...). ولكن الحماية النهائية للنقوش الجدارية لا تخلو من كافة أنواع المشاكل، غالبا ما تُضيع الصيانة السيئة للمواقع، في وقت طال أو قصر، وجود تلك الشواهد بغض النظر عن إحتياطات الحفظ المتخذة في البداية... فعامتا يجب اللجوء إلى نظام كثير التكاليف، وفي بعض الأحيان ثقيل، من الناحية العملية والوظيفية، حتى نحصل على نتائج مرضية، تضمن إبراز للقيمة والحماية المتكاملة لأقصى حد ممكن للمجاميع على موقعها الأصلي. سنكتفي هنا بعرض المبادئ الأساسية التى تتصدر مشروع عمل «وقاء نهائي».

حفظ النقوش الجدارية في موقعها الأصلي يستسلزم إقامة بناء يلبي القواعد والنظم المتحفية والتقنية. الوقاء يجب أن يحمي من التغييرات الطبيعية ومخاطر التدهور الناتج عن التخريب، ولكن يجب عليه أيضا ان يلتزم بالشروط الواجبة من الناحية الجمالية والتعليمية والاقتصادية: التكيف مع الطبوغرافيا والطقس المحلي، المواد الحديثة قليلة التكلفة وسهلة الصيانة. يجب عليه أيضا أن يحاكي الاحجام التى كانت موجودة في العصور العتيقة بدون تقليدها. بشكل عام، فإن هشاشة الشواهد ومشاكل الملاحظة والمراقبة الخاصة بأغلب المواقع الأثرية تحظر على الجمهور الدخول إلى القاعات التي لا يزال بها زخرفة. يجب إذا ان تكون الرسوم المصورة ظاهرة تماماً من الخارج (استعمال زجاج مسلح). وأخيراً، فإن مشروع بهذا الحجم تتحكم في توجيهه المشاكل الحرارية والمرطابية، والتحكم في الأشعة الضوئية والإبادة لأى نشاط نباتي أو حيواني. عندما يتعلق الأمر بموقع في وسط تجمع سكاني أو صناعي فإنه تؤخذ في الاعتبار ظواهر التلوث والإهتزازات التى يمكن حدوثها نتيجة لمرور المركبات.

حماية ضد الرطوبة وتحكم في التغيرات الحرارية

يتم اختيار مواد البناء بدلالة عدم إنفاذها للماء، ومقاومتها للرطوبة وللتغيرات في درجات الحرارة. نتوصل إلى العزل الحراري والمرطابي باستعمال جدران خارجية مزدوجة يتم عمل تفريغ للهواء فيما بينها مما يسمح بتجنب ظواهر إنسياب المياه المتكثفة والتغير في درجات الحرارة الداخلية. يعضض كذلك من تلك الحماية عمل سقف مكسو بالصوف الزجاجي.

التحكم في الوسط المحيط يكون ذو أهمية قصوى نظرا لأن الطلاء المحفوظ هو عبارة عن مادة مسامية تحتوي على كربونات الكالسيوم، تكون قد تلوثت أثناء دفنها بالأملاح المسترطبة. ويمكن لتلك الأملاح أن تنشط عند أقل جلب للرطوبة ولا يستطيع وقف نشاطها، أو أى عمليات تغيير لمختلف طبقات الملاط، إلا وسط جوي جاف وثابت على قدر المستطاع.

- ماء المطر: يتم حساب ميل السقف المبني بطريقة تحفظ الجدران من أي إنسياب للماء عليها، يتم عمل ميزاب (ماسورة صرف) وصرف خارجي وقنوات لكي لا تصل مياه المطر إلى قاعدة الجدران العتيقة. يجب أن تكون طرق الصرف سهل الوصول إليها لإجراء الصيانة الدورية مما يجنب أى إنسداد لها؛

- الرشح: (ارتفاع المياه بالخاصية الشعرية): حول المباني يتم وضع طبقة من الحصى مغطاة بأرضية مبلطة بالطوب المفرغ (مادة مسامية) لإتاحة الفرصة لمرور الزائرين. ويمكن صرف الماء عن طريق آبار في الحصى، في حالة المواقع التى تكون فيها طبقة المياه الجوفية قريبة من السطح يستعمل مضخات هيدروليكية لتجفيف التربة؛

- التكثيف: الأسطح الداخلية (زجاج نوافذ، نقوش تصويرية) التي فيها نقطة الندى منخفضة عند درجة حرارة الغرفة، تكون معرضة لتكثيف البخار (انظر الشكل ٢). يكون من الملائم ضمان التدفئة، التبريد، التجفيف، أو الترطيب للمكان، بشكل اصطناعي عن طريق تكييف الهواء.

إذا كانت العملية تبدو باهظة التكاليف، فإننا يمكن أن نلجأ إلى استعمال النوافذ المزدوجة أو بشكل ابسط جمع الماء المتكثف من أسفل النوافذ الزجاجية.

التكثيف على أسطح الطلاء المصور سوف يتم تجنبه بتنظيم درجات الحرارة والرطوبة النسبية بواسطة أسطح ساخنة (تسخين موضعي فصلي وليلي: من ١٦ الى ٢٠ درجة سلسيوز) ومراوح ذات بادئ أتوماتيكي.

المحافظة على وسط جوى ثابت من غير وسائل إصطناعية (للنقص في الميزانية...) يكون غير مضمون العواقب.

الحماية من الضوء

يجب أن نتجنب وصول الأشعة فوق البنفسجية للجدران المنقوشة وارتفاع درجة الحرارة السائدة في الوقاء تحت تأثير الأشعة تحت الحمراء.

يمكن الحد من التعرض للشمس بشكل مباشر بفضل عمل ميل للتغطية السطحية عند تخطيها لمستوى الجدار (مما يخلق ظل على الفتحات الزجاجية) ويمكن عمل عزل حراري (بواسطة الصوف الزجاجي).

إذا تعذر وجود تكييف هواء فإننا سنراعي تجنب تأثير الصوبة بوضع أمام النوافذ، تندة أو شيش ذو شرائح معدنية أو حاجز مفرغ claustra لمرور الضوء وحجب الشمس أو ستائر غير مُنفذة للضوء (بلاك أوت).

عند ترك النوافذ الزجاجية حرة بدون تغطية بغرض رؤية الزخارف، فإنها ستكون من الزجاج المرشح للضوء (فيميه) أو المغطى بمرشحات للأشعة فوق البنفسجية، وفي بعض نقط من المبنى ستكون مزودة بشرائح قابلة للتوجيه لزوم التهوية.

عندما يكون لزاما علينا استعمال الإضاءة الإصطناعية وذلك لعرض الرسوم المصورة فإننا نلجأ إلى إضاءة تحتوى على كل أطوال الموجات للضوء الأبيض حتى لا نغير من طبيعة مظهر الألوان. عند وجود لمبات متوهجة (ذات فتيلة) فإنه يفترض معه وضع مرشحات للأشعة تحت الحمراء، أما لمبات الفلورسنت فيجب أن تُجهز بمرشحات للأشعة فوق البنفسجية.

حماية من الحيوان والنبات ومختلف انواع التلوث

للحماية ضد الحشرات وبعض النباتات الهوائية تجهز النوافذ بشُبك من السلك ذو فتحات دقيقة مشدود على إطار صلب مثبت على جسم الشباك. وبما أن السلك يمكن أن يصدأ على المدى الطويل فإنه يُفضل استخدام شُبك من النايلون (طراز الستائر) أو قماش من الألياف الزجاجية (الفايبر جلاس) (نوع Textiglass كما سبق وأوردنا).

الكائنات المكروية، والتراب والملوثات الحامضية (ذات قطر أكبر من ١ ميكروميتر) وكذلك الغازات الحامضية يتم ترشيحها عند مدخل نظام التهوية. سنورد أيضا ضمن مختلف التقنيات وضع مرشح بالكربون النشط (خليط من الصوف الزجاجي والمواد البلاستيكية المنضغطة) مشتركة مع متفاعلات قلوية في المحلول: هذه الطريقة تكون بسيطة وقليلة التكاليف نسبياً.

الحماية من ... الإنسان

عندما يدلف الجمهور داخل الوقاء، فإنه يجب تدعيم إحتياطات الأمن والإنذار وذلك بتركيب نظام كاشف (إنذار: خلية أو ستار من الأشعة تحت الحمراء...) وعمل حواجز مادية بين الزوار والرسوم المصورة (جدران من الألياف الزجاجية الغير عاكسة مثلا، أو وضع حواجز عالية على بعد مسافة من الطلاء لا يمكن تخطيها).

الأفراد الموكل إليهم التفتيش الدورى (على الأقل مرة في الموسم) يجب بشكل قاطع حصولهم على معلومات أولية. يجب عليهم استعمال منتجات أو مواد مناسبة عند الصيانة أو الإصلاح، والسيطرة على مشاكل الإضاءة (الطبيعية أو الإصطناعية) ونظام التهوية، والترشيح وكذلك صيانة ممرات صرف المياه، إلخ...

عند عدم توافر الموارد المالية فإننا يمكن أيضا أن نقيم نظام مماثل غير أنه يكون موجه أساسا إلى الحفظ وليس العرض على الجمهور، ستكون النفقات أقل لأنه لا يستوجب إتاحة الرؤية المستديمة، وستتم الزيارات بالطلب مع مرافق.

معالجة الطلاء في المعمل

سنصاحب الآن مسار الرسوم المصورة peintures وقد انتزعت من على جدرانها الأصلية.

الرؤية العلمية ونعنى بذلك الاستقراء الجيد للنقوش (الطلاء) المحفوظة مما يسمح بالدراسة الأثرية اللاحقة، تلك الرؤية تفرض علينا تدعيم وتنظيف كاف للنقوش التي تعتبر كمستند على سنادها الأصلي، وكذلك «تجهيز» محتمل يتمشى مع التخزين. غير أن العرض المتحفي على جمهور عريض يتطلب عمل أكثر إعدادا. ويختلف على حسب طبيعة الزخارف، وحالة

حفظ النقوش، والمساحة التى ستستقبلها والأغراض التعليمية والجمالية التى تتحكم في تنظيم عرضهم. وأخيراً، فإن الميزانية الممنوحة لتلك العمليات لا تكون بغير ذي مردود على النتائج المحتملة.

الوثائق المرجعية (صور، رسومات على الكَلّك، تقارير) والتي تكون جُمعت خلال الحفريات أو أثناء المعالجة أو الحفظ المحتمل تكون لازمة لإقامة مخطط عمل في المعمل بغض النظر عن الأهداف المحددة وبالأخص إذا تعلق الأمر بنقوش مُجزءة يكون مظهرها غالبا متدهوراً.

الرسوم المصورة المرفوعة

الرسوم المصورة peintures المرفوعة خلال الحفريات تبدو مقلوبة على السناد المؤقت الخاص بها فيما عدا حالة مستثناة (تدمير الحائط الأصلي واستبداله بالرديم: وهذا يتيح إمكانية الرفع من ناحية الظهر). فيجب العمل على قلبها عند إزالة تغرية السطح وتنظيف الزخارف مما يسمح بدراستها. تلك المراحل الثلاثة تكون وجوبية بعض النظر عن مصير الألواح المعنية (دراسة مجردة أو عرض) غير أن اختيار الأساليب والمنتجات والمواد المستخدمة لهذا الغرض تعتمد على تلك المراحل.

معالجة الخلفية (الظهر)

يتم جمع معلومات مرجعية متضمنةً صور وألواح كَلّك توضح ما إذا كانت هناك آثار أو رسوم تكشف لنا نظام تثبيت النقوش (Allag, Krougly, 1987, p. 21-25)، أو نوع الأدوات أو مواد البناء المستخدمة للجدار.

يتم تسوية السطح باحتراس عن طريق وسائل ميكانيكة مع الانتباه لأى دلالة ولو صغيرة والتدعيم الفوري لاي نتوء عن السطح المتلاصق، يتم استبعاد الملاط الأصلي حتى نحصل على سماكة (تخانة) قريبة من ١ سم (انتوناكو intonaco – أو أكثر بقليل) سماكة كل طبقة من الملاط ومقاس حبيباتها ونوع الشحنات الموجودة بها يتم الإشارة إليهم في بطاقة أمر التشغيل.

نقوم بتدعيم الملاط المحفوظ، ميكانيكياً وكيميائياً. و تسد النواقص العميقة لحد ما بواسطة ملاط من الجير والرمل أو ملاط مؤقت من الرمل المرتبط ببعضه بالكحول البولي فينيلي الرجوعي (Rhodoviol نوع 5-30 بتركيز من ٣ إلى ٧ ٪ على حسب مقاس حبيبات مادة الشحنة) حتى نحصل على سطح مستوي لحد ما وسماكة (تخانة) متماثلة على مجمل اللوح. نضمن الحصول على تماسك الظهر عن طريق عمليتين تشرب متتابعتين من مستحلب راتنج أكريليكي (بريمال Primal AC 33 المخفف) أو من سليكات الإيثيل (Wacker H). وهذا المنتج الأخير يكون لارجوعياً ويخلق نسق بلوري رابط بين حبيبات الشحنة ولكنه يسمح بمرور بخار الماء مع منع الرطوبة عن سطح الملاط. هاتان العمليتان يجب أن تتما بفارق زمني أربعة وعشرون ساعة و يفترض الإحتراس والوقاية (بسبب سُمية المنتجات).

في تلك المرحلة من العمليات يتم تثبيت سناد حديث على ظهر الطلاء حتى نضمن صلابته، مما يسمح بقلبه ومعالجة الطبقة التصويرية.

إذا عزمنا فقط على دراسة الزخارف التي من الواجب تخزينها لاحقا في مخازن الحفريات فإننا يمكن أن نلجأ إلى طريقة بسيطة وغير مكلفة. كرتنة (تغليف بالكرتون) cartonnage أو تظهير backing بقماش تخليقي (ذو طبقتين) يطبق على الظهر بواسطة أستات البولي فينيل (موفيليت Mowilith AC 33 النقي) ويسمح بتثبيت المجموع (بواسطة مشابك (دبابيس دباسة) على لوح جاسئ).

إذا استمرت التشكلات أو إذا لم تكن النقوش المراد معالجتها في الأصل مستوية فإنه يتم إستخدام رغاوى البوليرتان المعدة حسب الأصول المتبعة، وهي تعطي شكل قالب خفيف فيما بين الملاط وسناد الخشب المضغوط، مما يجنب حدوث أى تشقق عند قلب النقوش ويسمح بإلتصاق جيد مع الخشب. يمكن أن نختار أيضا عزل الخشب بواسطة فيلم من البوليان الذى لا يمكن للرغاوي الالتصاق به.

إذا كانت الرسوم المصورة ستعرض على الجمهور بعد أن ننتهي من دراستها، فإنها يجب ان تُنقل مباشرةً على سناد حديث ثابت يلبي إشتراطات الحفظ المتحفي بغض النظر عن مكان العرض المقترح.

سنستخدم إذا الطرق التي طورت منذ بداية الستينيات في Landesmuseum de Trèves عن طريق R. Wihr. السناد المعمول باستخدام ألواح من الألومنيوم على شكل خلية نحل، مقامة بشكل طباقي فيما بين طبقتين من قماش الألياف الزجاجية المشبع براتنج إيبوكسي، يسمح باقامة أسطح كبيرة تتوافق مع الطبيعة الحائطية للنقوش. وذلك السناد يكون غير قابل للتعفن وثابت ومقاوم وسهل النقل (تقريبا ٤ كيلوجرام/ متر٢). ويتم إستخدامه من قبل أغلب المرممين بغض النظر عن الإختلافات المتعلقة باللواصق المختارة لتثبيت الطلاء العتيق. تلك الألواح سابقة الصنع بشكل طباقي pré-stratifiés، يمكن تجميعها عن طريق اللصق (راتنج إيبوكسي و«شقوق تعشيق») وبواسطة تثبيت أنظمة من نوع «ذكر وأنثى» في سمك الألواح وبالاستعانة بقطاعات من الديورليوم على الظهر... ونحصل إذا على أشكال سهلة الفك وملائمة لمختلف أشكال الطلاء (Morac *et al.*, 1977; Blanc, 1985; Feton, 1988).

قبل نقل الطلاء العتيق الذى تم تدعيمه على سناده الطباقي، فإن ظهره يتم تقويته مرة أخرى بوضع شاش تخليقي مقصوص على الشكل الحدودي (الكنتور) بالضبط وملصق بأستات البولي ڤينيل أو أي مستحلب أكريليكي، أو أيضا كازيات الجير. على هذا الشاش، نسكب طبقة من الملاط التخليقي (أستات البولي ڤينيل: Mowilith ورمل منخول) حتى يتم تسوية الظهر ونضمن التصاقه التام بالسناد الجديد، ذلك السطح التخليقي الرجوعي يثبت على اللوح الطباقي النهائي براتنج إيبوكسي (XB 3052 A et B) محمل بالسيليكا (أيروزيل Aérosil 200) مفرود على شكل طبقة رقيقة. عند جفاف المجموع يمكن أن يقلب وتستبعد الطبقة اللاصقة التي كانت تحمي السطح التصويري بواسطة كمادات مشبعة بالأستيون (استخدام فيلم من البوليان السميك يمكن أن يبطئ من تبخير المذيب). يجب على قطعة قماش الجوت، والشاش القطني، وورق اليابان أن ينفصلوا من تلقاء أنفسهم: لا يجب أبدا بذل أى شد رأسي ولكن نزع اللاصق بشكل موازي للسطح (١٨٠°) مع التأكد من الطراوة التامة للاصق حتى لا ننتزع القشرة

التصويرية الرقيقة. الزوائد في السمك وآثار اللاصق المتبقية على النقوش تستبعد بنفس المذيب بتطبيق ريشة ملفوف عليها أوراق قطنية (منديل ورقي مزدوج).

بالنسبة للطرق المختلفة المتعلقة بكيفية الوضع على لوح طباقي سنُرجع القارئ إلى الأعمال والمقالات التى سبق ذكرها (Mora *et al.*, 1977; Allag *et al.*, 1987; Feton, 1988) والتي نشرها مركز دراسات النقوش الجدارية الرومانية (وبالذات الأعداد من ١ الى ٧). كل حالة خاصة يمكن أن تستدعي أبحاث تقنية، غير أن كل الطرق المستحدثة التى أُخذ بها يجب أن تسعى لتلبي قواعد أساسية للرجوعية وللتقادم الجيد للمنتجات.

الطلاء المتجزئ

الأسس التى سبق عرضها تكون أساسية أيضا بالنسبة للطلاء المتجزئ بغض النظر عن الطريقة المتبعة لعرضه متحفيا. غير أن الحوار يبقى مفتوحا بخصوص لزوم عرض تلك التجميعات من الزخارف مع مختلف تيارات «الإلتزام الادبى» التى تثار ضمنيا بخصوص هذا النوع من الترميم.

المظهر المتكسر والمنقوص للشكل العام الذى نصل عندئذ لتحقيقه يمكن في الواقع أن يعطي الجمهور إدراك حسي مختلف تماماً فيما يتعلق بالزخارف عما يثيره عرض الرسوم المصورة التى وجدت في مكانها، وقد رفعناها ووضعناها على الواح بكاملها غير منقوصة.

تستلزم إعادة تكوين الزخارف تنظيف الملاط والطبقة التصويرية لكل كسر. في حدود الإمكان يتم الدعك بالفرشاة لحواف وظهر الملاط على الناشف، لنصل الى إتصال تام بين الكسور بعضها البعض. تبقى وسائل التنظيف والتدعيم للنقوش متطابقة مع تلك المستخدمة للطلاء في موضعه الأصلي أو الطلاء المرفوع.

الكسور التى تم تدعيهما وتنظيفها توضع بشكل منبسط على الرمل تبعاً للوضع الأصلي الذى يكون محدداً بدلالة ألواح الكَلَّك الخاصة بالحفائر،

والبحث الذى قمنا به «لتوفيق القطع المكملة لبعضها» collages، وخطوط الزخرفة والعلامات على ظهر الكسور، إلخ... نقوم إذا بعمل لوحة كَلّك يظهر فيها خطوط الشكل الحدودي (الكنتور) للأجزاء والزخارف مع بيان الألوان، والتغييرات، والمخطط الإعدادي أو أية بيانات أخرى تهم الدراسة الأثرية. هذا الرفع الهندسي يجب أن يمكننا بأوضح شكل ممكن من وضع الكسور على سناد حديث، وكذلك تحرير التقارير (للدراسة، والمعالجة في المعمل) والنشر المحتمل لها.

عند الوضع على الرمل، سنقوم باللصق (باستخدام لاصق في تشتت مائي أو أكريليكي أو ڤينيلي – لاصق خشب –، لاصق في صورة محلول في مذيب عضوي، أو سيلولوزي أو ڤينيلي – من نوع لاصق UHU، أو Scotch) للكسور الصغيرة والشظايا أو القشور المهددة بالفقد، ولكننا نتحاشى تنفيذ ألواح كبيرة جدا قد تؤثر بالسلب على تجميع نهائي جيد. بعد إنتهاء الرفع الهندسي، فإن إعطاء رقم لكل كسر أو لوحة متجانسة وتسجيلها على لوح الكَلّك يجنب ضياع أى جزء حتى لو كان بسيط وقت المعالجة التي تسبق عملية الوضع على لوحات.

في فرنسا، تم استخدام مختلف التقنيات لتحضير الكسور وعرضها على سناد حديث. سنستعرض واحدة منها فقط كمثال، ونُرجع القارئَ لقائمة المراجع من أجل رؤية عامة (Barbet, 1969; Mora, Philippot, 1977; Blanc, 1985; Allag, Krougly, 1987; Kelberine, 1987; Feton, 1988).

يتم استرقاق ظهر الكسور بنفس الطريقة المتبعة للرسوم المصورة المرفوعة. يتم حماية الأسطح التصويرية بفيلم أكريليكي خفيف (برالويد Paraloïd B 72 بتركيز من ٣ الى ٥ ٪) ويلصق عليه ورق اليابان (من ٩ الى ١٥ جرام / متر٢) ويثبت بالكحول البولي ڤينيلي (رودوڤيول Rhodoviol نوع ٣٠–٥ بتركير ٥ ٪) وقطعتان من شاش قطني متقاطعتان ومثبتتان بنفس اللاصق بتركيز ٧ ٪. تلك الطبقة اللاصقة تبدو قوية لحد بعيد وتترك لنا فرصة رؤية الشكل التصويري (صورة ٤).

الوجه المصور (الذي به الطبقة اللاصقة) للكسور أو لمجموعة من الكسور التي تم تجميعها، يوضع على سطح مستو وإذا كانت تلك الكسور تحتوي على نواقص عميقة لدرجة وصولها إلى الطبقة التصويرية، فإنها تُسد بملاط من الجير والرمل الناعم مضاف إليها رابط تخليقي ڤينيلي أو أكريليكي في مستحلب مائي (PVA أو بريمال Primal AC 33). الملاط العتيق وقد تم ترقيقه وحفظه، يتم تدعيمه بالتشرب (بريمال Primal مخفف أو Wacker H)، ثم يغطى ظهر كل كسر أو مجموعة كسور بطبقة ملاط تخليقي (رمل + أستات البولي ڤينيل، من نوع رودوباس Rhodopas أو موڤيليت Mowilith)، بكميات كافية للحصول على سطح مستوي وجعل سمك كل الكسور متجانس.

تلك الطبقة، التي توضع بشكل فيه تراجع بالنسبة للخطوط الحدودية (الكنتورية) حتى لا نعوق ضبط الكسور فيما بينها، تلعب نفس دور الطبقة المطبقة على ظهر الطلاء المرفوع: فهى تشكل مستوى متوسط ورجوعي فيما بين الطلاء المصور وسناده الجديد.

عندما ينتهي تدعيم الظهر، فإننا نزيل الطبقة اللاصقة من على السطح حتى نعالج القشور، والشقوق، والنتوءات المحتملة قبل القيام بتنظيف وتثبيت الرسوم المصورة (كما رأينا فيما سبق).

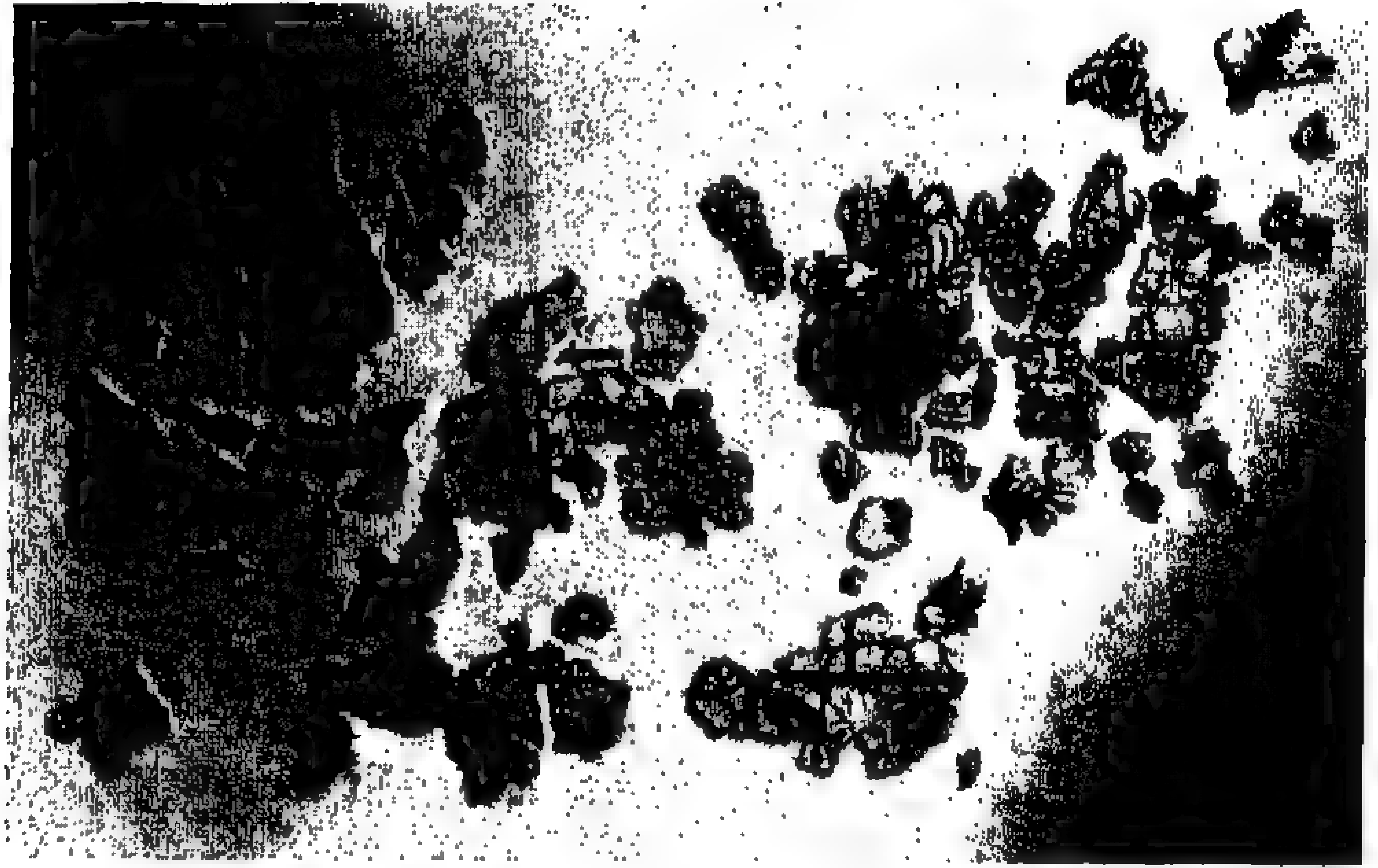
يتم لصق الكسور الجافة براتنج إيبوكسي (XB 3052 A et B) محمل بالسليكا (أيروزيل Aérosil 2000) على اللوح الطباقي المزود بنظام تعليق على الظهر (قطاعات من الديوريليوم).



صورة ٤



صورة ٥



صورة ٦

صور ٤ ، ٥ ، ٦. وضع كسور على سناد حديث.

في (٤): تغرية للسطح التصويري للكسر بورق اليابان ثم شاش قطن بالرودوڤيول Rhodoviol. في (٥): الكسر (في أعلى على اليسار) قد أُلحق بالآخرين على سنادهم الجديد: طبقة الحصى التى مكنت ملاط الجير النهائي من التعلق تكون مرئية. في (٦): تم الانتهاء من اللوح (البانوه) بدون أى إعادة تجميع أو تكامل تصويرى، تكون الكسور بارزة قليلاً بالنسبة للملاط النهائي.

الراتنج المحمل بشكل كبير بالسليكا يمتلك تماسك چيلاتيني مما يسمح بفرده على ظهر الكسور ويضمن تواجدها على مستوى واحد الواحدة بالنسبة للأخرى. ترتيب القطع على حسب الزخرفة يتم التأكد منه بصفة مستمرة بواسطة ألواح الكَلّك وعلامات الاستدلال المخطوطة على اللوح الطباقي التى تم عملها بدءاً من الخطوط والمحاور الأساسية للتكوين التصويري. وبذلك تتكاتف القطع عن طريق تثبيتها على السناد وليس بواسطة اللصق فيما بينها: التوفير في الوصلات اللاصقة يحسن من دقة الضبط فيما بينها.

على النواقص، وهى أجزاء تكون لا تزال خلية النحل مرئية من خلالها، نقوم بواسطة لاصق إيبوكسي (محمل بالسيلكا Araldite XB 3052 A et B) وأجسام غير منتظمة أوحتى مسامية (حصى، كسر قراميد) بعمل طبقة خشنة تكون قادرة على جعل الملاط المستخدم في سد الفراغات يتعلق بها، وذلك على العكس من السناد الطباقي الذى يكون ناعم وغير مُنفذ (صورة ٥).

بعد التجفيف، فإن الزيادات يتم شفطها وذلك خوفاً على الرسوم المصورة. نقوم بترطيب تلك الطبقة الماسكة حتى يمكن لنا تطبيق الملاط الأول المكون من الجير والرمل. نقوم بتشغيل سطح ذلك الملاط بشكل غير منتظم حتى نزيد من إمكانية تلاصق الطلاء النهائي عليه، يتم إختيار نسيج ولون هذا الطلاء الأخير حيث أنه يكون الوحيد المرئي تبعاً للقيود الجمالية (صورة ٦). وإذا دعت الحاجة فسيقوم ذلك الطلاء بعمل السناد، لإقامة مكمِل تخطيطي للزخرفة لإتاحة فهم أفضل لدى الجمهور.

على أية حال، فإن تلك التكمِلة التخطيطية تجلب دائماً مشاكل بالنسبة للنقوش كثيرة النواقص، ونادرا ما يكون في الإمكان عمل إعادة إدماج تصويرية (Blanc, 1987; Krougly, 1987). وهذا يقودنا إلى التساؤل عن فائدة وحدود العرض في متحف للنقوش الجدارية العتيقة المنتزعة من محيطها الأصلي، وعن قواعد المسئولية الأدبية لترميمها.

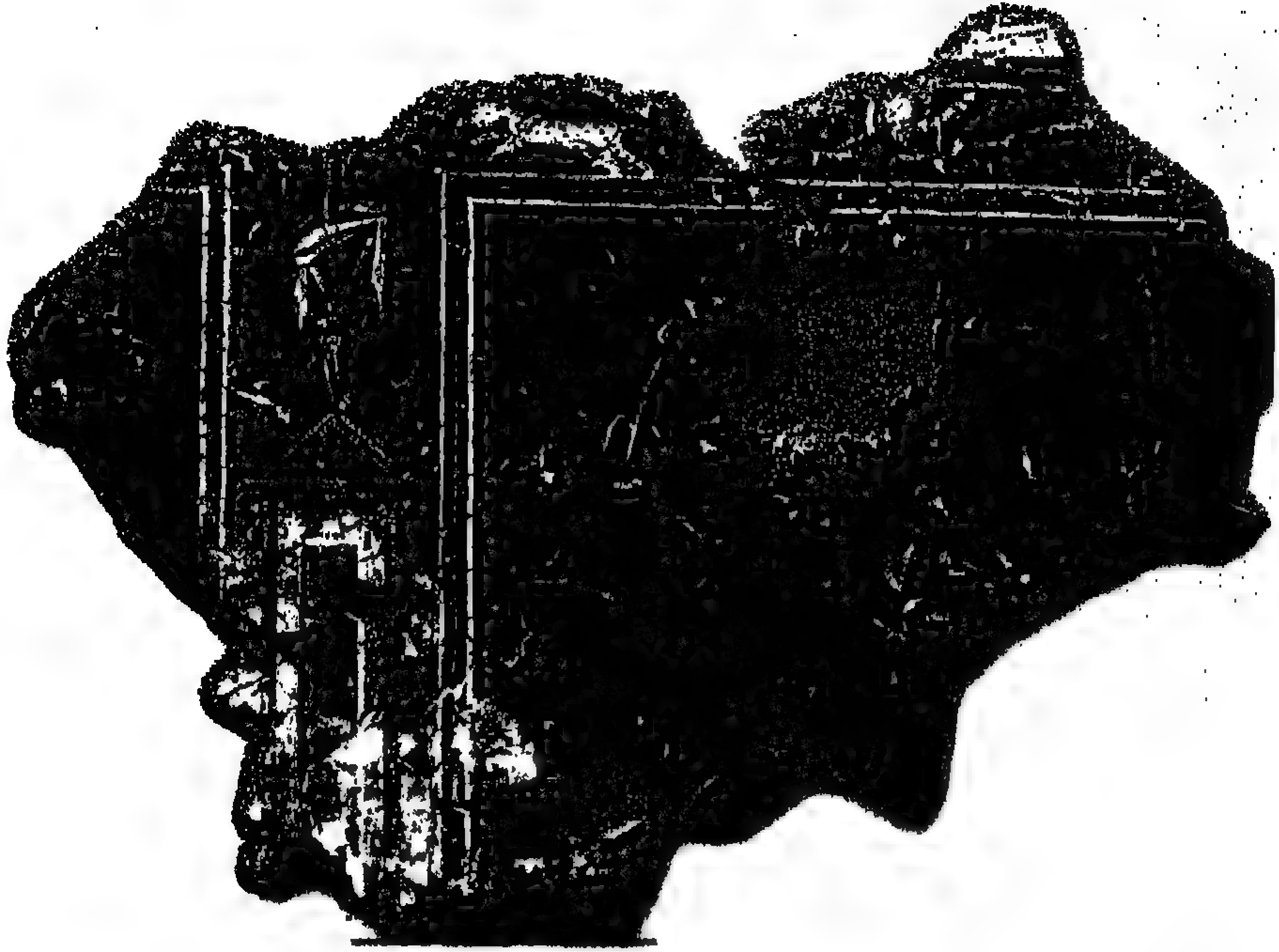
بعد ثلاثين عاماً من أول وضع على الألواح واستعمال المنتجات الحديثة من أجل ترميم الشواهد، يجب علينا احصاء عدد «الترميمات» التى تمت والعروض الفعلية في المتاحف، ويجب أيضا عمل مناظرة بين الطرق العملية للورش والمعامل في مختلف البلاد الأوروبية.

ويمكن لنا أن نتسآل إذا كان قرار الترميم لا يجب أن يؤخذ تبعا للغرض الجمالي المعروض عن طريق النقوش الجدارية العتيقة بدلا من الاعتبارات التعليمية والثقافية -التي يمكن أيضا للاعتبارات الجمالية أن تحثها فينا - أو العلمية. أيجب علينا في كل مرة اللجوء الى الوضع على سناد حديث إذا لم تكن الزخارف المنقوصة قادرة على التعبير من ذات نفسها؟ أليس من الأدهى الإكتفاء بعرض علمي للفروض المستنتجة من تلك الزخارف مع استخدام تقنيات مرجعية مثل اعادة التكوين البيانية بالألوان والصور وأفلام الفيديو والمعارض، للكسور المدعمة ذات القيمة المفتاحية، إلخ...؟

قد ترسخت إتجاهات متحفية جديدة لصالح الإبقاء على المكتشفات الحديثة في موضعها الأصلي. عرض الشواهد على الجمهور وهي في مكانها أو في مناطق الحفائر، خلق نوع جديد من المتاحف الأثرية بُنى أو سيُبنى في الغالب في مكان تواجد الشواهد. وبالتوازي مع ذلك، فإن نوع جديد من عرض النقوش الجدارية يمكن ان يتصور «لكسر تأثير التابلوه»: على حسب الحالة فإن أجزاء بارزة من النقوش الجدارية والتى لها خطوطها الحدودية الذاتية سيتم إعادة إحياؤها (الصورتان ٧ و٨)، أو أيضاً سيتم عرض كسور مدعمة «كمادة أثرية صرفة» كما تبدو في أعين الباحث.



صورة ٧

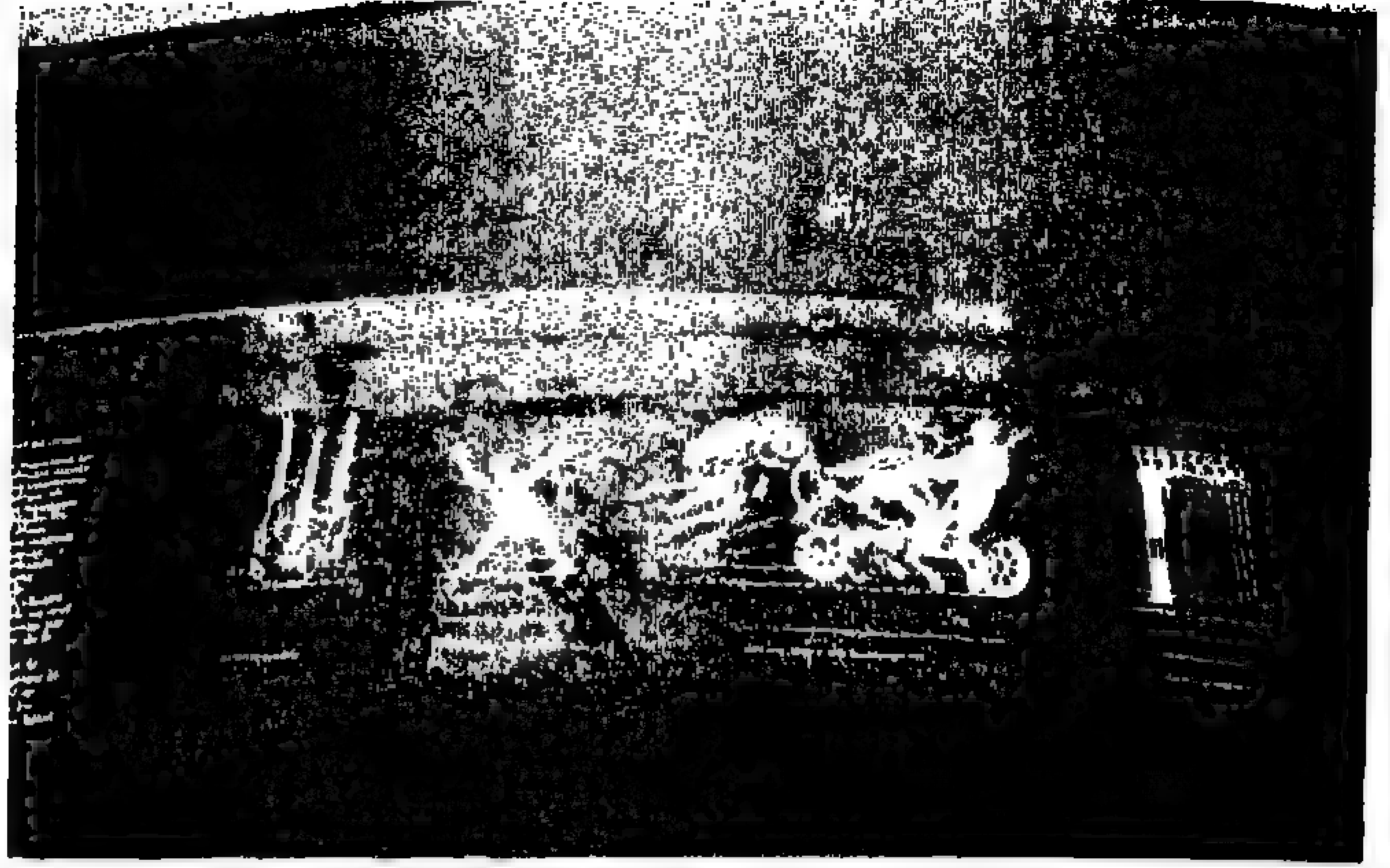


صورة ٨

صورتان ٧ و٨. مجموعة كسور، مقامة على سناد حديث مقطع على حسب الشكل المجمل بعد تجميعه، بدون إدخال لإطار هندسي مصطنع، موقع St-Martin-Longueau (Oise).

وفي إمكان دراسة تأخذ في حسبانها مختلف المعطيات العلمية والثقافية التى تشكل الإدراك الحي لتلك الأعمال ان تفتح آفاقاً جديدة لنظام تعليق يستحضر المحيط الأثري العتيق. وهذا ما تصوره بعض التكوينات المختلفة تقنياً والتي تقصد أهداف تعليمية محددة (الصورتان ٩ و١٠).

سننهى هذا الباب بالفكرة التى تقول إنه بغض النظر عن إجراءات الإنقاذ وإبراز القيمة المأخود بها، فإنه من المناسب إيجاد حلول مفتوحة تحترم مادة وتاريخ العمل الفني وتسمح دائما بإعادة عمل «الترميم».



صورة ٩



صورة ١٠

صورتان ٩ و١٠. كسور متغيرة بشدة وقليلة الوضوح تُعرض بدون إعادة تكوين تصويرية. تحت التكوين تم القيام بإيحاء لإستقراء الشكل عن طريق «صورة ظلية» (سيلويت) مصورة باللون الأبيض على لوح شفاف مع نص مكتوب للشرح.

الباب التاسع

الترميم المعماري والحفاظ على المواقع الأثرية

چان پيير آدم، آن بوسوترو

إذا اعتبرنا أن التنقيب الأثري هو في الأساس إحدى توجهات البحث العلمي، مسعاه الأصلي هو القيام بالنشر العلمي المستفيض، فلا يجب أن يحجب عنا ذلك غاية أخرى ألا وهي عرض الشواهد الأثرية المُكتشفة والمدروسة على أكبر عدد من الناس. هذا النشر للمعرفة عليه أن يأتينا برد مشروع حيال فضولنا تجاه الزمن الماضي مع الاستعانة بالوسائل المكتوبة أو إن أمكن بالوسائل السمعية أو البصرية مما يتيح للجميع الحصول على مدخل ميسر للمعلومات الأثرية، بل أيضاً إمكانية مشاهدة وفهم الأثر أو مجموعة الآثار المُكتشفة. هذه المرحلة الأخيرة تتطلب القيام بالترميم وأحياناً إعادة الآثار المدفونة التي كُشف عنها إلى حالتها الأولى.

قبل أن نقترح طرقاً للترميم، فإنه من اللازم تحديد المدى الذي يمكن أن نذهب إليه عند القيام بذلك والشروط الذاتية لمبدأ الترميم. وهذا ما سنقوم به في الجزء الأول من هذا الباب عن طريق سرد تاريخ وأسس الحفاظ على التراث الأثري للصروح المبنية.

غير أن الصروح والأطلال الضخمة لا تمثل إلا جزءاً من الشواهد العقارية التي يُعنى بها علم الآثار. بالنسبة لتلك الفئة، يتدخل المعماري دائماً في مرحلة مبكرة بالإتفاق مع الآثاري: وتكون درايته لازمة لفهم الأبنية. غير أننا أدركنا مؤخراً أن التكوينات الخارجة من التربة التي ظلت مدفونة بها لعدة قرون، يمكن أن تكون فريسة لتدهور مُعجل. يبدو إذاً أن الربط بين

التنقيب الأثري واحتياطات الحماية هو خطوة مُسبقة لأي مشروع حفظ طويل المدى. سيخصص الجزء الثاني من هذا الباب لعرض مختصر لتلك الاحتياطات. الحماية طويلة الأمد للمواقع والأبنية الأثرية تحمل في طياتها مظاهر متعددة منها التقنية، والاقتصادية، والجمالية، والتعليمية. لن يكون هناك محل لعرض مسهب لهذا الموضوع، غير أن بعض المظاهر التقنية الهامة سيتم التعرض لها، وهي تلك المتعلقة بمشاكل وتدخلات يكثر حدوثها. سنختتم هذا الباب بعرض لمختلف المُخططات المتطلب عملها لعرض الأطلال الأثرية على الجمهور.

تاريخ وأسس المحافظة على التراث البنائي الأثري

من الناحية التاريخية، فإنه من المثير للإهتمام أن ندرك أن تلك الصروح الضخمة أو أكثر من ذلك المدن الميتة في حوض البحر المتوسط في الغرب أو مدن الفيزوف Vésuve التي وجدت وكان لم يمسها أي ضر، سوف يثيرون فينا أول انطلاقة نحو التقابل مع الحضارات الغابرة، وذلك بفضل الوصف الذي قام به لها الرحالة من القرن الثامن عشر.

وقد وضح جلياً أن التطور الحضري على الرغم من محافظته على وجود الكثير من الأبنية الخاصة وبالذات العامة فإنه تسبب من ناحية في تآكل تلك الأبنية ومن ناحية أخرى في تبدل مظهرها بشكل كبير في بعض الأحيان سواء عن طريق الترميم أو إجراء تعديلات مرتبطة بتغيير الاستخدام الذى كانت مخصصة له أو إحتوائها داخل إنشاءات عارضة. فبعد مرور عدة قرون من التواجد كان من الصعوبة الشديدة أن نستقرأ نصب ما ونتصوره وهو معزول في نسق حضري مختلف وقد ضاعت منه في الغالب وظيفته الأولى.

على العكس من تلك الواجهات المخنوقة والمشوهة والمستكملة، نجد آثار بومبي Pompéi أو الأطلال الفخمة لإيفاز Éphèse أو تدمر Palmyre، اللائي

يفصحن لأوروبا القديمة عن القيمة الإنسانية والفنية والتقنية الكبيرة لحضارات لا تحتفظ الذاكرة الجماعية لهن إلا بأطلال قد أصبحت أسطورية.

ولكن قبل تفهم أو معرفة الحقيقة الحضرية العتيقة فإن علاّمة كثيرون ومن ضمنهم هؤلاء الرواد لتاريخ الأبنية المتمثلين فى المعماريين الإيطاليين لعصر النهضة، والذين كانوا قد فهموا قوة الثروة التي تتضمنها تلك القطع المتكسرة الواضحة للعيان والظاهر فيها التناغم والإيقاع والتوازن والصرامة على الرغم من النواقص والحُجب. من جلي المعنى أن نجد في عمل ذو صبغة أكاديمية مثل ذلك الخاص بـ A. Palladio, I quattro libri dell' architettura والمنشور في ١٥٧٠، (إعادة لحالة restitution المعبد الصغير في روما والذي يلقب «الثروة الفتية» Fortune virile والذي يعتبر قاعدة للعمارة الأيونية Ionique، غير أن ذلك المعبد كان محصوراً لأكثر من نصفه في دير، في حين أن موضع تمثال الإله عند الرومان cella الخاص بذلك المعبد كان قد تحول إلى كنيسة منذ العصور الوسطى الأولى. ولم يصل إلينا في قرننا الحالي إلا الجزء الباقي المحفوظ فى ذلك الإطار ذو الطبقات المتعددة، الذى احتفظ بوظيفته الدينية بدون أن يُخفي مع ذلك أصوله العتيقة. وعلى حالته تلك، كان هذا النصب يشهد مع المحيط المعماري المصاحب له، الذي أعطى إتساعاً لدوره على مدار تاريخه الطويل، إلتقاء مستمر بينه وبين جمهور من المريدين والزوار منذ إفتتاحه.

وقد تطلب الأمر تدخل اعتبر مستنيراً لمشيئة قد تكون فى حقيقتها سياسة أكثر منها أثرية أو ثقافية خالصة فيما بين الحرب العالمية الأولى والثانية، لكي يزال، من تلك المجموعة من المباني المُكونة لبنية حية، كل ما كان يعتبر قشرة طفيلية، لكى يسترد حجمه الأصلي من جديد. وقد أظهر الانعزال المتشدد قيمة التنسيق الروماني إلا أنه قد أدى إلى عدم الألفة بين الكنيسة والصرح الذي تحول من جديد إلى شئ عتيق، وقد أغلق بشكل نهائى فى وجه الجمهور مما أسقط بشكل كبير عنه كل ما كان يبرر وجوده (صورة ١).



صورة ١. معبد بورتيونوس temple de Portunus الذي أخلى حوله سنة 1920 بالتدمير المتعمد، ليس فقط للدير ولكن لكل الحي المحيط والذى حل محله شوارع واسعة وابنية إدارية، وإن كان المعبد قد أفادته تلك الرغبة لإظهار حجمه الأصلي إلا انه لم يعد إلا قطعة بدون حياة مغلقة في وجه الجمهور ومعزولة وسط مساحة واسعة بدون هوية (J.-P. A.).

على النقيض من اللوحة الفنية، فإن الإنشاءات المعمارية يكون تعريفها الأول هو إحتواء وسكنى البشر من أجل إكساب حياتهم اليومية، وعملهم، وأوقات فراغهم، أو صلواتهم راحة أكثر. ولكن في كثير من الحالات ينتمي هذا النّصّب إلى الفن. كلما إمتد العمر بصرح كلما زادت نسبة تعرضه لتغييرات تكون علامة على حيويته ولكنها تشكل بنفس القدر تغييرات لا نستطيع في جميع الأحوال الاستهانة بها. تلك الصروح لا يتم حفظها وصيانتها فقط بتجميعها وتجاورها معماريا مع بعضها، فعلاوة على ذلك يكون من حسن طالعها أن تعيش وتؤدي وظيفة نشطة.

أيجب علينا إذا اعتبار أن أي قطعة ضمن التراث البنائي يتحتم أن يكون لها دور؟ أيجب علينا إهمال أو حتى ترك صرح أصبح لا لزوم له؟ يكون من البديهي أن الحالة المثلى هي حالة الصرح الذي يُحفظ في مجمله من دون أن يفقد وظيفته بالمرة، وضمن تلك الفئة يجب أن نُلحق مثلاً الكباري العتيقة أو المبنية في العصور الوسطى، والتي مازالت تُستخدم حتى يومنا هذا.

بغض النظر عن الخيار الذى يتخذه المُرمم وطبيعة المبنى أو المجموعة المعمارية فإننا يجب ألا نغفل أن القيام بالإنقاذ لا يتم لكي نحول دون جعلها مزاراً لكل الناس أو على الأقل للمجتمع المُستخدم لها أو المحيط بها، بل على العكس من ذلك تماما. ونحن نعرف أن هذا الهدف لا يراع دائماً وفي أحيان كثيرة تضطرنا عوامل متعددة إلى عزل الأبنية والأماكن الأثرية عن الجمهور. ونضع أيدينا هنا على إحدى النقاط الحساسة والأكثر أهمية ألا وهي العلاقة بين تراث تلك العمائر والحائزين له بشكل جماعي سواء كانوا مستخدمين أوزائرين له أو ببساطة من ورثته.

في الواقع، فإنه بالإضافة إلى العوامل الطبيعية لتقادم أى نصب معماري والتى تتسبب فيها الأحوال الجوية السيئة أو نمو الزراعات أوالكوارث الطبيعية مثل الفيضانات والزلازل، تجئ أسباب التدهور الناتجة بالتحديد عن الوجود الإنساني. وإذا استثنينا آثار الحروب التي يكون التدمير هو غايتها الأساسية فإن بواعث التدهور للأنصبة المعمارية من الأحقبة التاريخية المنصرمة لا تعد، وتكون تبعات آثارها مروعة كمثل الإعتداءات الطبيعية. أغلب الخسائر يكون سببها أعمال تخريبية وتتراوح فيما بين الكتابة على المباني graffito إلى تدمير زخرفة أو منشأ ما بدون إغفال السرقة. وهذا الفعل العدواني لا يكون هو الخطر البشري الوحيد الذي نتحسبه. لأن بعض المباني الأثرية المُراقبة والمُتعهدة بشكل محكم تتعرض لتأثير كبير بسبب التآكل نتيجة لذلك الفعل العدواني العام الذي هو عبارة عن التلوث الجوي، وبالملامسة المباشرة لها الذى إعتدنا أن نسميها بالحت السياحي érosion touristique، ذلك الحت يمكن في بعض الأحيان أن يقود إلى منع دخول الجمهور للصروح ذات الأهمية القصوى كما وضح ذلك عند غلق مغارة Lascaux التي لحسن الحظ إستعيض عنها بالسماح بزيارة نسخة منها أقيمت إلى جانبها. وما قد تم في هذا الموقع الخاص بفترة ما قبل التاريخ، في حدود الوسائل التقنية التي نملكها يبدو بلا شك أنه الحل الوحيد والأمثل للتراث المعرض للخطر. ومع هذا فإن فكرة البديل والتي تتم بمواد غير قابلة للتغيير أو مواد بديلة وتعرض على الجمهور في ظروف مثالية من

تطابقها مع الأصل، تلك الفكرة تفرض نفسها أكثر فأكثر. إذا أمعنا التفكير لوجدنا أن تلك الطريقة تطبق بالفعل في أي عمل للترميم، ففي الواقع يحول الاستبدال المتدرج في الترميمات لأجزاء تطابق الأصل الذى أصابه التغيير في مبنى ما، هذا الأخير إلى نسخة تحتفظ بكل دقة بالمظهر التقني والتشكيلى للأصل شيئاً فشيئاً بدون المساس به بشكل ظاهر.

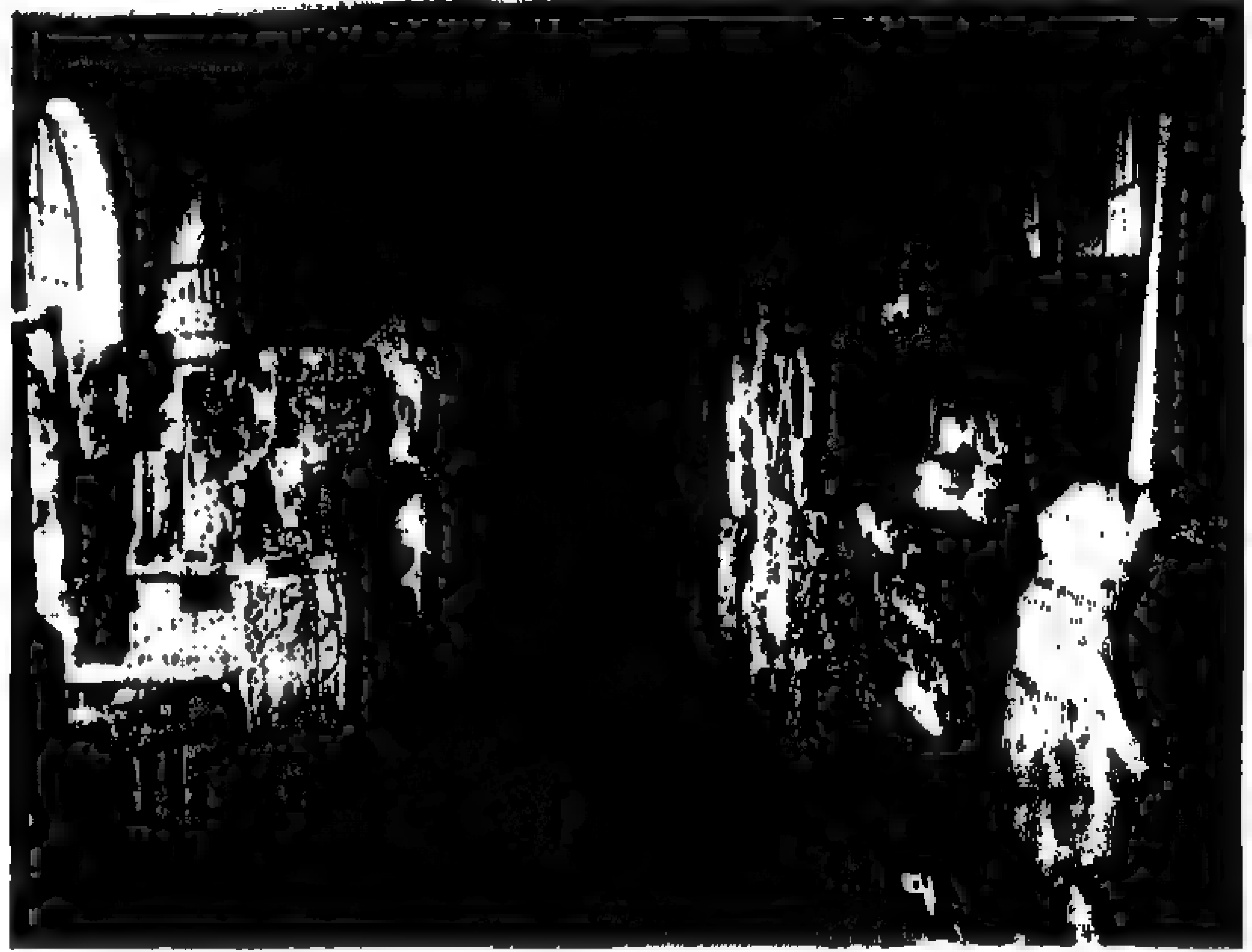
من هذا المنظور، فإن كثير من العمليات التى يكون بعضها رصين يخرج من نطاق معرفة أو ملاحظة الزائر والبعض الآخر إستعراضي ومحاط بمعلومات مكثفة، قد عملت على إرجاع الشباب لكثير من مجاميع الأبنية من ضمنها ترميم الأكربول بأثينا Acropole d'Athènes الذي يحتل مكانا بارزا من ذلك الوجه. بالطبع هذا الاختيار يفترض أن جميع العناصر المنقولة والتي تملك قيمة فنية ستحفظ في ظروف مثالية وإذا أمكن ستعرض على الجمهور في متحف مجهز بالقرب من المكان الذي وَردت منه.

لا ننصح بالقيام بأي تدخل للترميم يبحث عن إعطاء الصرح حجمه الكامل بشكل عشوائي حتى لو كان ذلك الحجم يرتكز أو بالأحرى يُستلهم من الأشكال المناظرة. ومن المتفق عليه، أن ندفع قطعياً أي ترميم يكون مرده إلى الخيال المبتكر والذى فرصته لإستعادة الشكل الأصلي بصورة مؤكدة تقارب الصفر. ولن يؤول بنا المطاف إلا لمحاكاة يظهر كذبها بقدر ما تعطي لنفسها من مظاهر أصلية، معتمدتا على وجود جزء أصلي بها.

وأخيراً فلحسن الحظ توجد حالة تسمح باستبعاد كل الاعتبارات الأخرى وفيها يتم بدون تردد إعادة التركيب الذى يكون مصاحباً أو غير مصاحباً لإعادة التكوين، الا وهي حالة الصروح التي دمرت أو فككت في الإمبراطورية الرومانية بعد قسطنطين Bas-Empire وذلك لغرض اعادة استخدام الحجارة فيها لإقامة أساس للأسوار من أول نهاية القرن الثالث... وللأسف، فإنه على الرغم من الغنى الشاسع للمنحوتات بالمتاحف، فإن الظروف التي تسمح بإعادة التكوين لا تجتمع إلا نادراً، لأن كتل الحجارة القادمة من نفس الصرح، والتي تفرقت في وقت إعادة استعمالها لا يكون لها إلا فرصة شحيحة لإعادة تجميعها عن طريق الإكتشافات. ومع هذا فقد حصل أن تم

ذلك عدة مرات ومما لا شك فيه أن الدراسة المتأنية لمخزون المنحوتات ستسمح ببعض التراكيب القيمة.

من الناحية التقنية، تقام تلك التكوينات مع الأخذ في الاعتبار الرجوعية المحتملة، وهذا يعني إمكانية العثور لاحقاً على مكتشفات تمكننا من استكمال أو حتى تغيير المظهر الحالي. الكتل الحجرية المكونة لجدار معزول عن حوائط صالة العرض، يتم وضع كل منها على شريحة من الرصاص، بحيث تشكل سد تجاه الرطوبة ونستغني بذلك عن المادة الرابطة عند التركيب، في حين أن الجزء المشيد والمكمل لها يتم عمله من الدبش moellons المرتبط ببعضه عن طريق ملاط جيري ثم يطلى بعد ذلك (صورة ٣).



صورة ٢. منظر جزئي للمخزن القديم للمنحوتات في متحف سانس Sens (J.-P. A.).



صورة ٣. واجهة لحمامات مياه معدنية حارة thermes أعيد بناؤها في قاعة المتحف الجديد باستخدام كتل حجرية وجدت في مخزن متحف سانس Sens.

التنقيب الأثري وإحتياطات الحماية

الأعمال المنشورة المخصصة لحفظ الأبنية وحماية المواقع الأثرية أثناء التنقيب مازالت شبه معدومة. في حين أن بعض الخطوات الأولى قد تمت: مؤتمرات في هذا الموضوع في قبرص في ١٩٨٤ (Stanley Price, 1984) وفي Gand في ١٩٨٥ (ICCROM, Gand, 1986). مجهودات بحثية خاصة قد تم القيام بها أيضاً على مواد من الطوب اللبن كانت مهددة بشكل كبير (Alva, Chiari, 1984; ICOM-ICOMOS, Ankara, 1980; Torraca, 1986a). ولكن بشكل إجمالي فإن إحتياطات الحماية والحفظ لموقع في أثناء التنقيب لازالت من ضمن المجالات المطلوب إستيضاحها. تلك الإحتياطات تؤخذ في الاعتبار من أول البدء في الحقل الأثري وتستمر على مدار وجوده، بدون إغفال الفترات الزمنية التي يمكن أن تنقضي بين حملتين للتنقيب في نفس الموقع. سنلخص هنا الأوجه الأساسية، ويمكن للقارئ الرجوع لعرض أكثر شمولاً منشور من قبل اليونسكو في «حفظ المواقع والمتاع الأثري. المبادئ والطرق» «La conservation des sites et du mobilier archéologique. Principes et méthodes» (Bossoutrot, 1987).

عند فتح باب التنقيب

حتى قبل القيام بفتح باب التنقيب، يجب علينا طرح التساؤل عما سيؤول إليه الأمر بعد ذلك. في الواقع، يكون هناك إحتياطات فورية للحفظ يمكن بل لا بد من القيام بها خلال التنقيب، يوجهها هدف نهائي ألا وهو عرض الموقع على الجمهور، مما يسمح بإيجاد توافق بين عمليات التنقيب وعمليات الحفظ بشكل تدريجي.

حتى يمكن تطويق مشاكل الحفظ التي علينا مجابهتها، فإنه يكون من الضروري معرفة إطار وظروف التنقيب contexte de la fouille، والظروف البيئية للموقع من: تربة، وجو، وبنية أساسية.

دراسة التربة (تعيين الرطوبة بها، تعيين إذا كانت حامضية أو قلوية، تركيب التربة ومقاومة الأرض...) سيأتينا بعناصر الإجابة فيما يخص مسألة الأبنية المكتشفة، من ناحية، والمشاكل الهامة لصلابة وتماسك ممر على حافة خندق، من ناحية أخرى. معرفة مستوى طبقة المياه الجوفية (الطبقة الجوفية والطبقة الحرة) ستسمح بتقدير المخاطر المحتملة للنشع، وغمر المياه: يمكن لنا إذا أن نرتب للقيام بالجسات، وبالتحليل للتربة التحتية.

الدراسة المناخية (Dowman, 1970) وهى تمنحنا بيانات أخرى تهم الحفظ. فالمطر والرطوبة هما بالفعل من العوامل الأكثر أهمية في التدهور. الاختلافات في درجات الحرارة، والتجلد، والرياح هم أيضاً من العوامل الجوية التي قد يكون لها تأثير سئ على العناصر التي كشف عنها بعد أن صارت هشة نتيجة لتواجدها داخل التربة.

دراسة التكوينات المحيطة تكتسب أهمية خاصة فى حفائر المجتمعات الحضرية. فأى تنقيب قريب بشكل مباشر من مبنى ما يتطلب المعرفة المسبقة لأساسات ذلك المبنى (طبيعتها وعمقها)، وكذلك تقدير حالته الإستاتيكية. في الواقع، إن استقرار أي مبنى يمكن أن يكون مهدداً في صميم أساساته. يرتبط بداية التنقيب بتغير استقرار المبنى (مع ما يستتبع ذلك من تغيير فى رطوبة التربة وتعديل في قوى الضغط بها) مما يتسبب في اضطراب (تصدع، هبوط التربة، تشكل). وللإحتياط من أى خطر عند الكشف عن الأساسات، فإن التنقيب يجب أن يقتصر على قواطيع محددة (من ١ إلى ٢ متر عرض). يمكن لنا أن نقوم بالعمل في تلك القواطيع واحدة بعد الأخرى، ويتم ردم الأولى قبل فتح الثانية. يصير إتباع نفس الحرص عند التنقيب في داخل مبنى وجوبي في حالة عدم الأخذ بأية احتياطات خاصة.

على مدار التنقيب

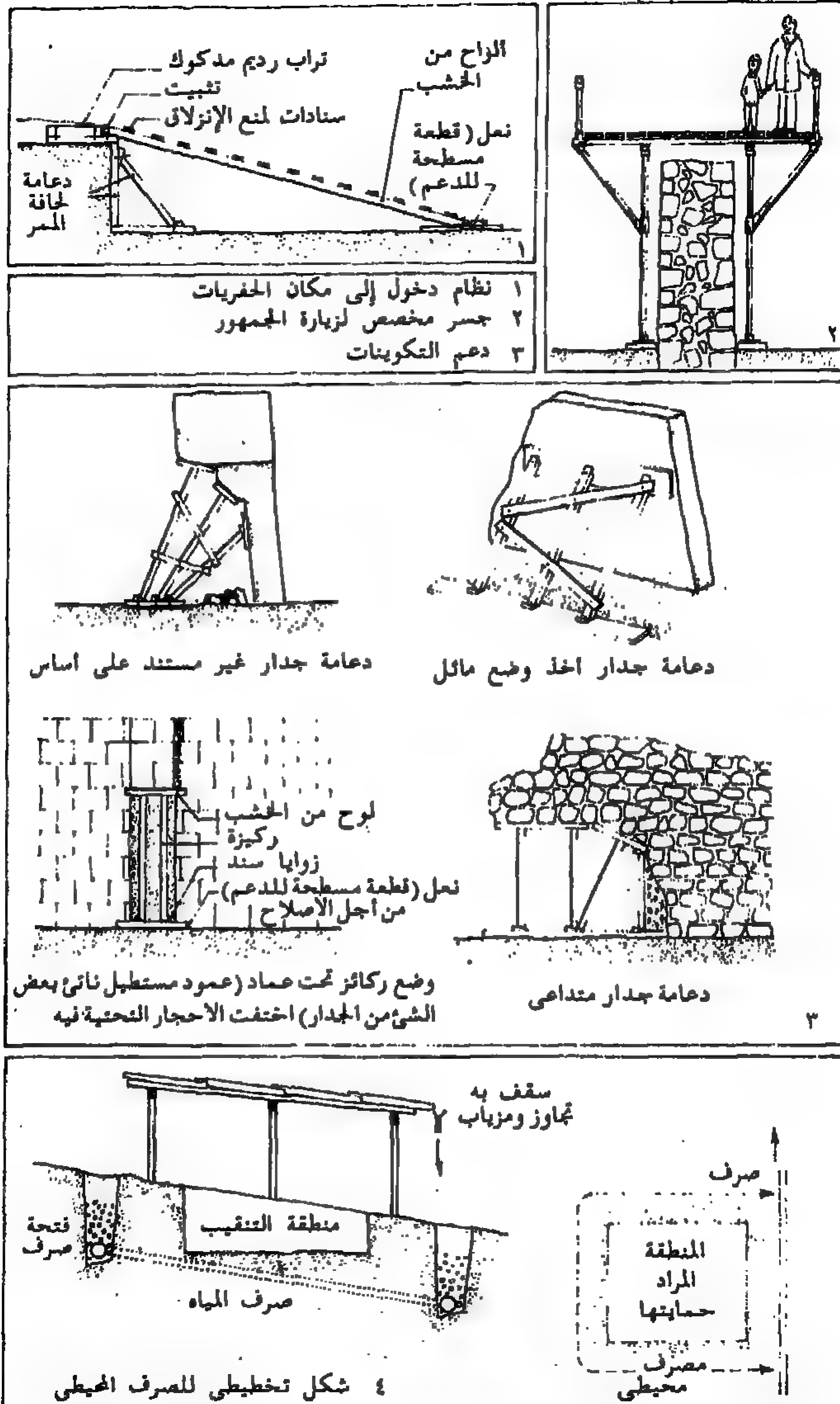
الاحتياطات التي نتخذها أثناء التنقيب تختص في جزء كبير منها بمشاكل المرور وبالأمان، على الأخص للمنقبين إلى جانب أيضاً الزوار (إذا كان حقل الحفريات مفتوح للجمهور).

المرور عبر الحفريات يكون دائم التطور، على حسب التقدم في الموقع. وعلى ذلك فالسكك يجب أن تخضع بصفة دائمة للمراجعة والرقابة. وسنضمن أمان المنقبين مثلما نهتم بسلامة الموقع (الذي قد يتعرض للتلف بسبب المرور المتكرر) وذلك بعمل سكك واسعة وخالية من أية عوائق.

حواف الحفريات والممرات الكائنة على الحواف تشكل مناطق ضعيفة بشكل خاص. ويجب أن يخضعوا لإهتمام خاص من ناحية الأمان نظرا لمخاطر الإنهيار كثيرة الوقوع، علاوة على إصابة تلك الحواف بالهشاشة نتيجة لتغلغل المياه بها، وتأثير التجلد والمرور عليها بشكل متكرر. في بعض الأحيان قد يكون لا غنى عن إجراء تدعيم (تسنيد) إذا كان الحائط الرأسي له ارتفاع كبير (Carandini, 1981). بعض الاحتياطات البسيطة يجب أن يؤخذ بها لأمان المنقبين (إرتداء خوزة إذا كانت الحفريات عميقة، تشوين التربة والمعدات على بعد متر من حافة الحفرية، وضع حواجز على حواف الحفرية لتجنب تعريض الممرات الواقعة بالقرب من الحواف للخطر نتيجة للإهتزازات المرتبطة بالروح والغدو...).

إذا كان من المعد إجراء زيارة للجمهور أثناء التنقيب فيجب اعداد مخطط لذلك قدر المستطاع، لا يجب أن يتداخل مرور الزوار مع مناطق مرور وعمل المنقبين. يجب إعداد المداخل والسكك وحواجز الحماية (شكل ١).

إذا كانت تغطية ثابتة للموقع قد أعدت في بداية الحفريات، فيمكن أن يتضمن المشروع فى تلك الحالة إقامة شبكة لطرق المرور (Schofield, 1986).



شكل ١ . الدخول والمرور فى الحفريات، تدعيم التكوينات والصرف (A. B.).

المراقبة الجيدة لتماسك الأبنية المقامة بالطوب التي كشف عنها مع أخذ الإحتياطات اللازمة خلال الحفريات يحتلان نصيب مهم من العناية التى نوليها للحفظ والأمان. فالحفر الزائد عن الحد لقاعدة الأبنية التي اكتشفها المنقب يمكن أن يشكل خطراً على تلك الأبنية... وتعتمد مقاومتها على ارتفاع الجزء المتبقي منها، وعرض المدماك وحالة حفظها، وطبيعة التربة. فجفاف الأرض مثلاً تحت قاعدة جدار قد أزيل التراب عنه بشكل كبير، يمكن أن يتسبب في تراجع شديد، مما يستتبع ذلك حركة للجدار، فيكون من المناسب إذاً ترك الأرض على جانب واحد من الجدار أو عدم الكشف عن قاعدة الجدار إلا فى قطاعات محدودة متعامدة عليه، وليس على العرض الكلي للجدار.

عندما يكون لدينا شك في استقرار جدار ما فإنه يجب ان يؤخذ في الاعتبار وضع عناصر للتدعيم. في حالة الأبنية الكبيرة الحجم (جدران ذات ارتفاع كبير، قباب) فإن هذا العمل يجب أن يوكل إلى شخص متخصص. ويجب القيام بتنظيم زيارات منتظمة له للمواقع ذات التكوينات المتعددة والضخمة، وذلك لضمان إجراء فحص للدعامات المقامة وإكتشاف ظهور أي مخاطر جديدة (شكل ٢). وضع الدعامات المقامة للإبقاء على بناء مهدد بالتحول إلى أنقاض، يجب أن يلبي معطيات فيزيائية محددة. فهي تكون نتاج لتحليل أي تحرك يتم في الأبنية، وكذلك تحليل القوى المؤثرة ونقط التأثير الناتجة عنها. فوضع الدعامات يكون إذاً عملية حساسة من حيث: ميل العناصر المكونة لها، نقط التأثير المحددة، تقليل ضغط القطع المجابهة للأبنية، سند الدعامة، قطاعات الخشب الواجب استخدامها، كل ذلك يشكل معطيات يجب تحديدها لنجاح تلك العملية. ولن يتدخل الآثاريون في هذا المجال إلا لعمل حلول عاجلة في الأبنية صغيرة المقاس ولأبسط الحالات.

حماية الموقع على مدار التنقيب بغطاء واقي (سقف ثابت أو متحرك) يمكن أن تكون ذو فائدة من عدة أوجه:

– في مواجهة التأثيرات الضارة للظروف المناخية؛
– للسماح للمنقبين بالعمل بشكل أفضل (بمنأى عن التقلبات الجوية السيئة)؛

- وبشكل جائز، لخلق طقس متناهي الصغر على الحفريات مما يسمح بالاستفادة من تغيرات الرطوبة والجفاف والضوء، التي قد «تكشف عن فروق دقيقة في التربة لا يمكن اكتشافها بوسيلة أخرى» (Barker, 1986).

قد يكون من المهم أيضاً الحماية أثناء الليل من تكون الندى على المواد أو القطع الهشة بشكل خاص، أو تلك التي تحت الترميم. تتكون طبقات تلك الحماية من شبكة من البلاستيك أو ورقة من نسيج طبيعي ومادة عازلة (بولي يورتان أو طينة (صلصال) متمددة ورمل نظيف لا يحتوي على الأملاح)، ثم طبقة من التربة (Melucco, 1986).

الأغطية المتحركة يمكن أن تتكون من صُوّب من النوع المستخدم في الزراعات المحمية (طوق معدني كبير قد يصل عرضه إلى 10 متر، يحمل غطاء من البلاستيك الشفاف). يكون ميزة هذا النظام إمكانية تحريكه بسهولة في الموقع حسب الرغبة والإحتياج.

الأسقف الثابتة تكون نافعة إذا كان الموقع يجب أن يبقى مفتوحاً لمدد طويلة، وتركيبهم يتطلب تعاون الآثاري والمعماري. التثبيت في الأرض يجب أن يدرس بشكل خاص، فأساس القوائم يمكن أن يشج أرضية الحفائر. تواؤم تلك الأسقف مع المنظر العام وشكلها الجمالي هي من الأمور الهامة. الماء الموجود في الحفائر يمكن أن يأتي من النشع. ويشكل الصرف وسيلة لا غنى عنها في بعض الحالات: صرف موضعي أو صرف محيط بالموقع (شكل ١).

الفترة فيما بين حملتين للتنقيب

يكون من غير الوارد ترك موقع في العراء، بدون حماية فيما بين حملتين للتنقيب، بدون أن يجلب لنا ذلك تلفيات، بالاضافة للضياع اللارجوعي للمعلومات.

المخاطر التي يتعرض لها تتراوح ما بين تدهور أو إنهيار التكوينات، (تحت تأثير دورات التجلد والانصهار والتغير في الرطوبة)، وإنهيار الممرات الموجودة

على الحواف (مع ضياع المعلومات المتعلقة بالقطاعات)، وسوء حالة الأرضية والعناصر الهشة.

يكون من المستحب دائماً تدعيم التكوينات المزمع فتحها للجمهور (تحشية (سد طيني) rejointoiements، حقن لملاط coulis، وضع طلية chape للحماية) قبل إنهاء حملة التنقيب. مع شرط الإنتهاء من الدراسة (رفع مساحي حجر بحجر، تحليل...). وستكون هكذا مستعدة لمجابهة عودتها «إلى الوسط الجوي».

بعض العناصر تتطلب حماية خاصة. ونعني هنا الأرضيات، والفسيفساء، أو أيضا العناصر المعمارية الهشة: حائط عليه تكسية، نقش جداري، كسور منحوتة... (أنظر البابين السابع والثامن).

وأخيراً، فإن تسويراً جيداً (إقامة سور) للموقع يكون لا غنى عنه لحمايته بالأخص من السرقة والتخريب. إذا قمنا بتجهيز مخزن للقطع التي عثر عليها أثناء الحفريات في الموقع، فإنه يكون من الأفضل القيام بحراسته (Sichilone, 1986).

الحماية على المدى الطويل للمواقع والصروح

المظاهر التقنية: العمائر من الطوب في ذات الموقع *In situ*

(Shultze,1970; Monuments historiques, 1975; Deterioramento e conservazione della pietra, 1979; Assirco, 1981a, 1981b, et 1982; Peroni *et al.*, 1981; Adam, 1982; Coignet, 1987)

العمائر العتيقة من الطوب maçonneries والتي حوفظ عليها على مدى قرون لكونها كانت مدفونة في الأرض أو ملحقة بإنشاءات لاحقة لها، تتعرض لحالة تدهور سريع بعد الكشف عنها؛ ومن الغريب أن علم الآثار، وهو المنوط باسيتضاح رموز الماضي، هو نفسه الذي يُعجل من التدمير السريع لها.

في جميع الأحوال، يكون على المسئول عن القيام بالترميم الأخذ في الاعتبار، من ناحية أسباب التدهور حتى يقوم بالتعامل معها بشكل محدد، ومن ناحية أخرى الإحتياطات الضرورية لإتاحة أقصى فائدة للزائرين الذين يجب أن يكون فى مقدورهم الاقتراب من المبنى وعلى قدر المستطاع الدخول إليه بدون مخاطر عليهم أو على الصروح الأثرية.

الأسباب الرئيسية لتدهور العمائر من الطوب

يجب اعتبار العمائر من الطوب كمجموعة غير متجانسة مكونة من عناصر صلبة من الدبش وقوالب الطوب التي تفصل فيما بينها مادة تفتتت وأصبحت منفذة لاختراق عوامل التدمير كالرطوبة، والنباتات، والقوارض.

النباتات

الغطاء والطلاء يضمنان حماية الجدران، فإذا اختفى الأول وأصاب الثاني التغيير فإن ذلك يفتح الباب أمام النباتات لتدخل إلى العمائر من الطوب وتظهر الآثار المدمرة في أربعة أشكال:

- تأخذ النباتات مكانها في أعلى الجدار، في مكان تكون فيه الفجوات الممتلئة بالتربة فيما بين الطوب، مكشوفة تماماً. وتغرس فى هذا المكان جذورها لتنمو في صورة كتلة كثيفة تجاوز بشكل كبير سطح البناء، ويسبب وزنها تحميل ينتج عنه تساقط الأحجار بشكل متتابع؛
- تتعلق النباتات بطول الحائط عن طريق غرس جذورها تحت الطلاء وما بين الطوب. تنمو الجذور في العمق، وتبحث عن دعم قوي يمكنه حمل وزن النبات. يسبب انتفاخ الجذور شقوق في الطلاء ثم في كتلة الحائط خالقاً سكك جديدة لنفاذ الرطوبة والطين ونباتات جديدة؛
- تتعلق النباتات على طول الجدار بدءاً من جذورها الموجودة في التربة وتعمل على تحميل البناء بشدة مسببةً نزع للطلاء وللعديد من قطع الدبش وبالأخص عند محاولة إزالتها؛

- بتعلق النباتات على الطلاء فإن وزنها يعمل بالتعجيل من الظاهرة الميكانيكية المتمثلة فى فقدان التصاق تلك القشرة، وحيث إن ارتباط النباتات يكون غالباً أعلى من ارتباط القشرة مع المبنى فإن نزع تلك القشرة يتم بشكل حتمي عندما نريد إزالة الغطاء النباتي من على الزخارف.

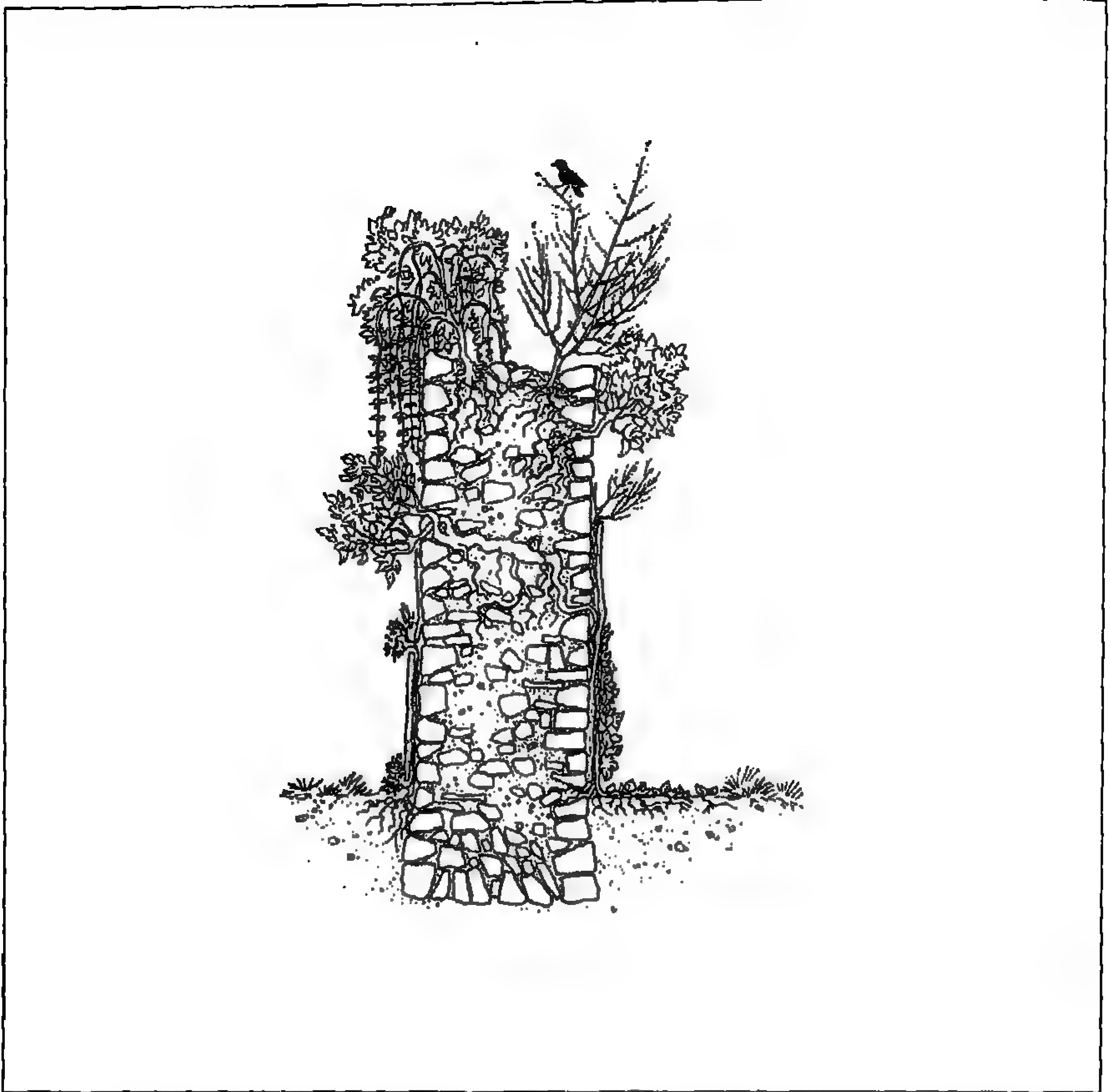
تغلغل الجذور والأغصان فيما بين الطلاء والبناية من الطوب يكون من اشد الأخطار، لأنه يصبح من المستحيل إذاً إزالة الطفيليات بدون إحداث أضرار. علاوة على أن التكسية التى غالباً ما تكون مدمرة فى قاعدة الجدران، تسمح للنباتات المتسلقة والصاعدة من الأرض بالنفاذ بطول البناية من الطوب لتخرج ثانيةً من فتحة ضيقة أوكسر عند مستوى أعلى، ويكون ذلك علامة على بداية خط شق رأسي (شكل ٢).

الماء والرطوبة

يذهب الماء إلى أى مكان يمكن له النفاذ إليه، ويساهم الملاط المتحلل أو الطيني فى نمو النباتات بدءاً من الطحالب إلى النباتات الشجرية أوحتى الأشجار.

يساعد نفاذ الماء سواء كان منهمر من الخارج أو قادماً عن طريق الخاصية الشعرية على تدهور الملاط، وبالأخص إذا إحتوى على عناصر حامضية، ويتسبب في هجرة سريعة نحو الزخارف للأملاح المعدنية الموجودة في الأحجار، والملاط الرابط، والطلاء. من الناحية الميكانيكية، فإن تلك الرطوبة تتسبب في تكون تجعد في الطلاء، ويستتبع ذلك إنهياره السريع عن طريق العمل على زيادة الحجم الداخلي للنتوءات والإنتفاخات في التكوينات، مما يؤدي إلى هشاشة قصوى للشكل الكلي.

وأخيراً، فلا يجب إهمال الفعل الميكانيكي المباشر للماء، ويكون ذلك بالذات فيما بين فواصل الطوب التي تمثل قنوات ومجاري تفضيلية يظهر فيها أثر الحت للماء المنهمر مسبباً أقصى نفاذ للرطوبة.



شكل ٢. الطرق المختلفة لتعلق ونفاذ النباتات في حائط من الطوب مغطى بتكسية أو غير مغطى.

الحيوانات

يشكل الملاط المتحلل وأشد منه العمائر من الطوب المترابط بالطينة، أرضية خصبة جداً لحلول الحيوانات الحفارة فيه، فالتجاويف والأنابيب الدقيقة التي يصعب تمييزها علي واجهة الجدار تخلق في سمك ذلك الحائط، الذي عمته هذه الحيوانات، جيوب للهشاشة أو حتى أيضاً خطوط انفصام غالباً ما تترافق مع اختراق ذلك الثنائي الملعون: رطوبة-نباتات. يكون من المهم إذاً، أثناء الترميم، أن نكشف، عن طريق النقر بالمطرقة، عن التجاويف التى تكون الحيوانات قد تسببت فيها.

الحت السياحي

يكون هدف اي ترميم هو السماح بزيارة المواقع الأثرية ولكن فى نفس الوقت يكون هذا الهدف نفسه هو واحد من أسباب تدهور الشئ المراد الحفاظ عليه.

إحتياطات الحفظ

التحكم فى النباتات

يجب إزالة النباتات الطفيلية أولاً بأول قبل أن تصبح جذورها عميقة جداً أو متشعبة بشكل كبير، وبالذات في الأنواع الشجرية والفسائل. ويُعني الأمر هنا بإتخاذ احتياطات وقائية عادية جداً ولكن لها مفعول مُجرب، تبعتها الوحيد هي تواجد يد عاملة كافية تعمل بشكل متاني.

نزع النباتات المتشبسة الجذور يجب أن يتم بأقصى انتباه، وبالذات عندما تكون الجدران مغطاه بطلاء، ويكون العمل طويل وبدون استخدام عدد ميكانيكية. النباتات المتسلقة تتطلب معالجة خاصة ذات عناية أكبر، سنقسمها إلى عدة مراحل حتى نحصل على النزع المباشر:

- إزالة الأوراق بمقص الزرع من أجل تعرية الأفرع تماماً؛
- فصل جذع أو جذوع الجذور بقطعها من على وجه الأرض؛
- قطع الأغصان بالمنشار؛

– اقتلاع بواسطة ملعقة الصيدلي (فِرة) لكل العناصر الملتصقة بالجدار ومنها الأغصان، والفروع الصغيرة، والجذور الهوائية الدقيقة؛

– استخراج الجذور من تحت الحجارة والقضاء على تلك التى تكون ما تزال محبوسة، باستخدام مبيد مناسب.

تدمير النباتات كيميائيا

مبيدات الحشائش تتصنف إلى فئتين على حسب مدى تبرعم ونمو النباتات: مواد تعمل ما قبل النمو pré-levée، ومواد تعمل ما بعد النمو post-levée. بالأخذ في الاعتبار الخطر الذي يمثله الاستخدام الجائر أو غير المناسب لمبيدات الحشائش، فإنه يكون من اللازم التعرف على تلك المواد وعلى طريقة إدارة التعامل معها.

منتجات ما قبل النمو – تكون مخصصة بعد أن ترش، لمنع تنبيت البذور وتدمير الجذور المتبقية بعد إزالة النباتات السطحية. وبما أن منتجات ما قبل النمو يجب أن تكون فعالة لمدة معينة في التربة، فإنه يجب وضعها على عمق بسيط وهى يجب ألا تكون قابلة للذوبان في الماء مع بقائها فى نفس الوقت فعالة، حتى نتجنب سريانها مع مياه الرشح إلى مناطق منزرعة أو بها بحيرات.

ويوجد منتجان فقط يلبيان تلك المقتضيات تم تصنيفهما من قبل INRA.

– السينازين sinazine, chloro-2bis (ethylamino) 4,6 triazine 1-3-5،

مُسوق تحت اسم تجاري Gesatope من شركة Ciba-Geigy، هذا المنتج يتصف بنفاذيته الضعيفة وبإحتفاظ المواد الغروية جيداً له في التربة.

– الديورون diuron (dichloro-3-4 phenyl) 3 dimetyl -1-1-urée،

مُسوق تحت اسم تجاري Seppic من شركة Karmex، هذا المنتج له قابلية ذوبان ضعيفة ونفاذية ضعيفة وتحتفظ التربة به بشكل جيد.

كذلك يجب أن تحظر استخدام كلورات الصودا chlorate de soude $NaClO_3$ والتي تباع تحت اسم «مبيد شامل للحشائش» désherbant total وهو مادة سامة وقابلة للذوبان في الماء بشكل كبير.

منتجات ما بعد النمو – وهي مخصصة للتصدي للنباتات التى خرجت من التربة في كل مراحل النمو. ويجب أن يكون بمقدورنا القيام برشها حتى تمتصها الأوراق بعد ذلك، ولكنها يجب أن تظل قليلة التبخر حتى يكون تأثيرها محدوداً للغاية.

يجب أن نأخذ في حسباننا أيضاً استخدام منتجات قابلة للحقن ذات فعل موضعي جداً. في تلك الفئة سنستعمل منتجان:

– الجليفوسات glyphosate C_3H_8NOP، وهو حامض فوسفوروميتيجلامينو acide phosphoromutylamino-2-acétique. لا يتم إمتصاص الجليفوسات إلا عن طريق الورق. وهو يهاجر سريعاً داخل النبات الذي يُدمر بالكامل. ومن ميزاته الهائلة أن هذا المنتج يتعادل تأثيره بالتقادم في التربة ولا يتم إذاً نقله بالماء المنساب أو المياه الجوفية؛

– الـ 2-4-D؛ وهو فيتوهرمون phytohormone لا يجب استخدامه إلا بالحقن بالسرنجة، هذا المنتج يكون ذو مفعول كبير بالذات بالنسبة لتدمير الجذور المتداخلة مع العمائر من الطوب (وبالذات اللبلاب).

يجب علينا التنويه بشكل خاص عن مقاومة الحزاز (بهاق الحجر) lichens والطحالب mousses التي يكون من السهل نسبياً التخلص منها ومع ذلك يكثر وجودها في كل الأماكن التي تبقى رطبة، والطريقة هي كالآتي:

– رش على الجدار أو تشرب باستخدام الفرشاة لمحلول من الفرمول formol (HCHO) بتركيز ١٠٪ مخصص لتدمير النباتات؛

– بعد تدميرها، نقوم بالتنظيف بالدعك المبلل للسطح المعالج بواسطة فرشاة ذات شعر من النايلون أو النحاس الأصفر (يحظر استخدام فرشاة من الصلب أو «الشريط الحديدي»)؛

– الرش أو التشرب لمحلول أملاح الزنك (أملاح الزنك العضوية) والتي تمنع من عودة النباتات وتضمن بعض عدم النفاذية للحوائط.

تم عمل دراسات لاختيار المنتجات المبيدة للحشائش من قبل INRA (المعهد القومي للبحوث الزراعية) في فرنسا وعنوانه:

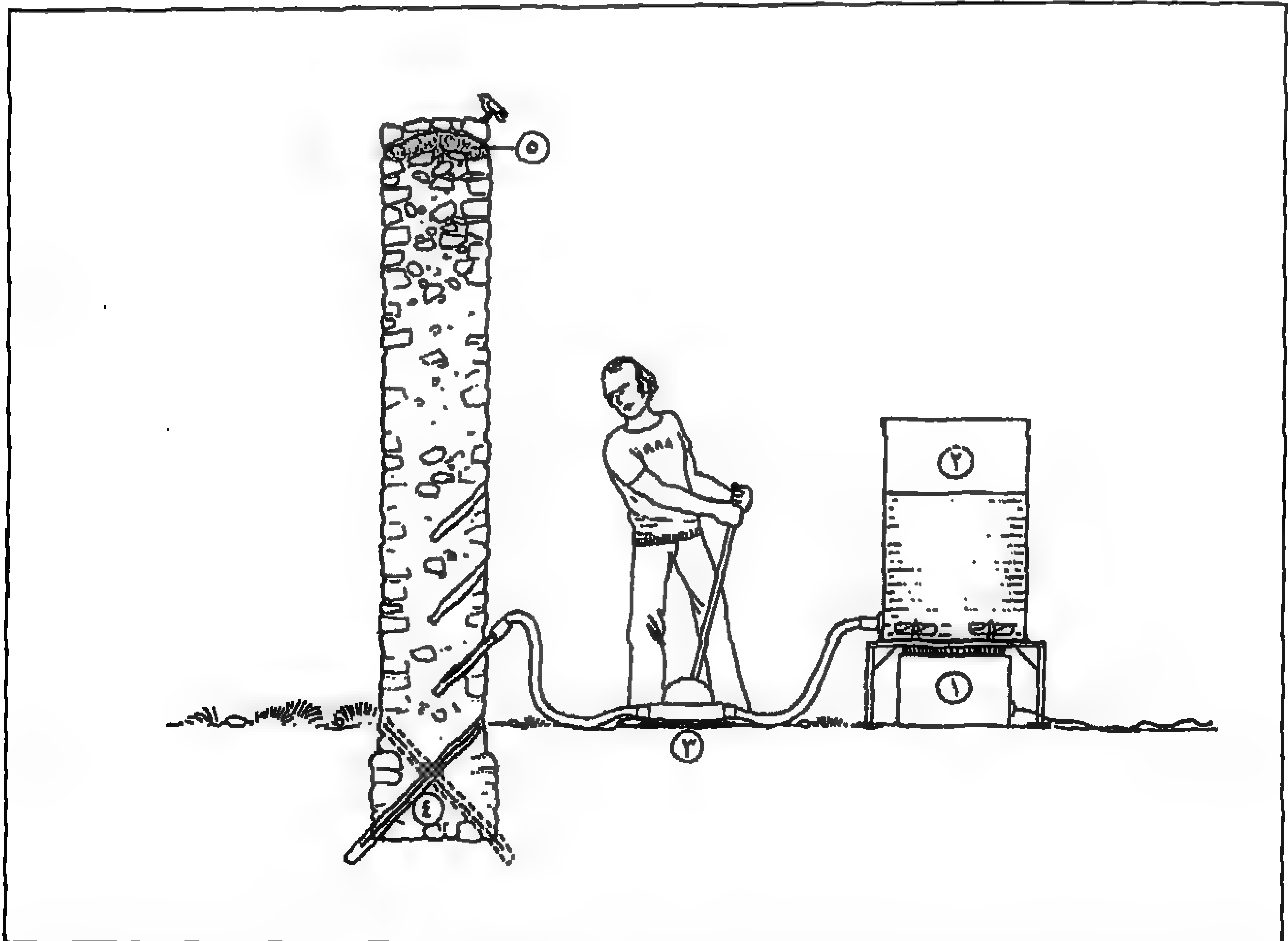
INRA (Institut national de la recherche agronomique)

laboratoire de Malherbologie, Domaine d'Époisse, Bretenières 21110, Genlis

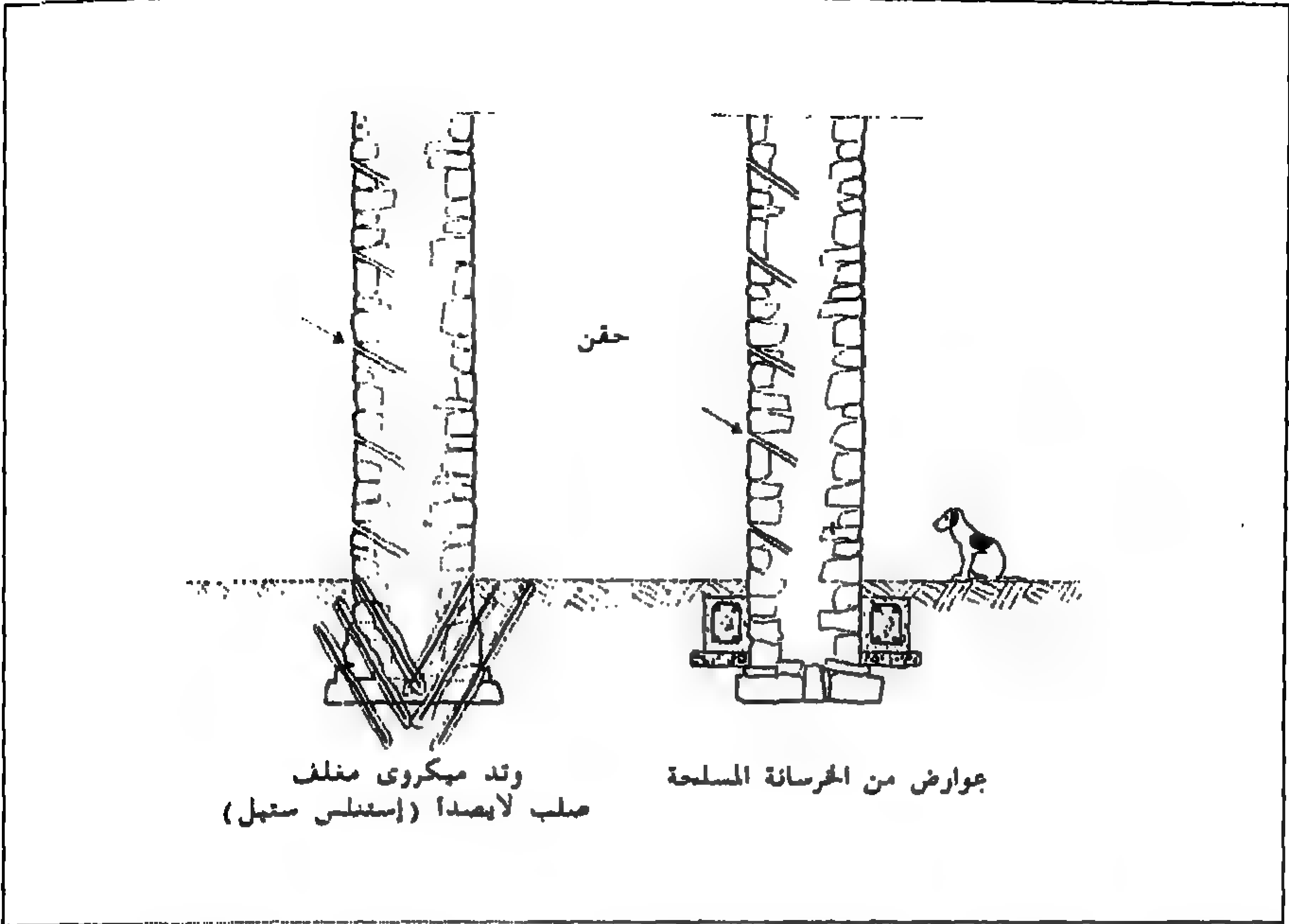
الترميم الداخلي للعمائر من الطوب: الحقن بالملاط المناسب coulis

(أشكال٣ و٤ و٥) (Boulneau et Rocard, 1981; ICCROM, Rome, 1981)

قبل البدء بحقن الملاط المناسب يكون من المناسب كحت الوصلات في العمق، ثم ملئها بملاط من الجير والرمل (لا يستعمل الأسمنت إطلاقاً) بشكل مُنشب جداً. يمكن أن نضيف إلى الملاط شحنة ملونة مما يعطي للمنتج النهائي قيمة لونية قريبة من الأصل. تلك التحشية المحتملة، إلى جانب تدعيمها للزخارف، فإنها تضمن عدم النفاذية بها عن طريق تحاشي حدوث إسالة متعددة أثناء الحقن تتسبب في إتساخ السطح.

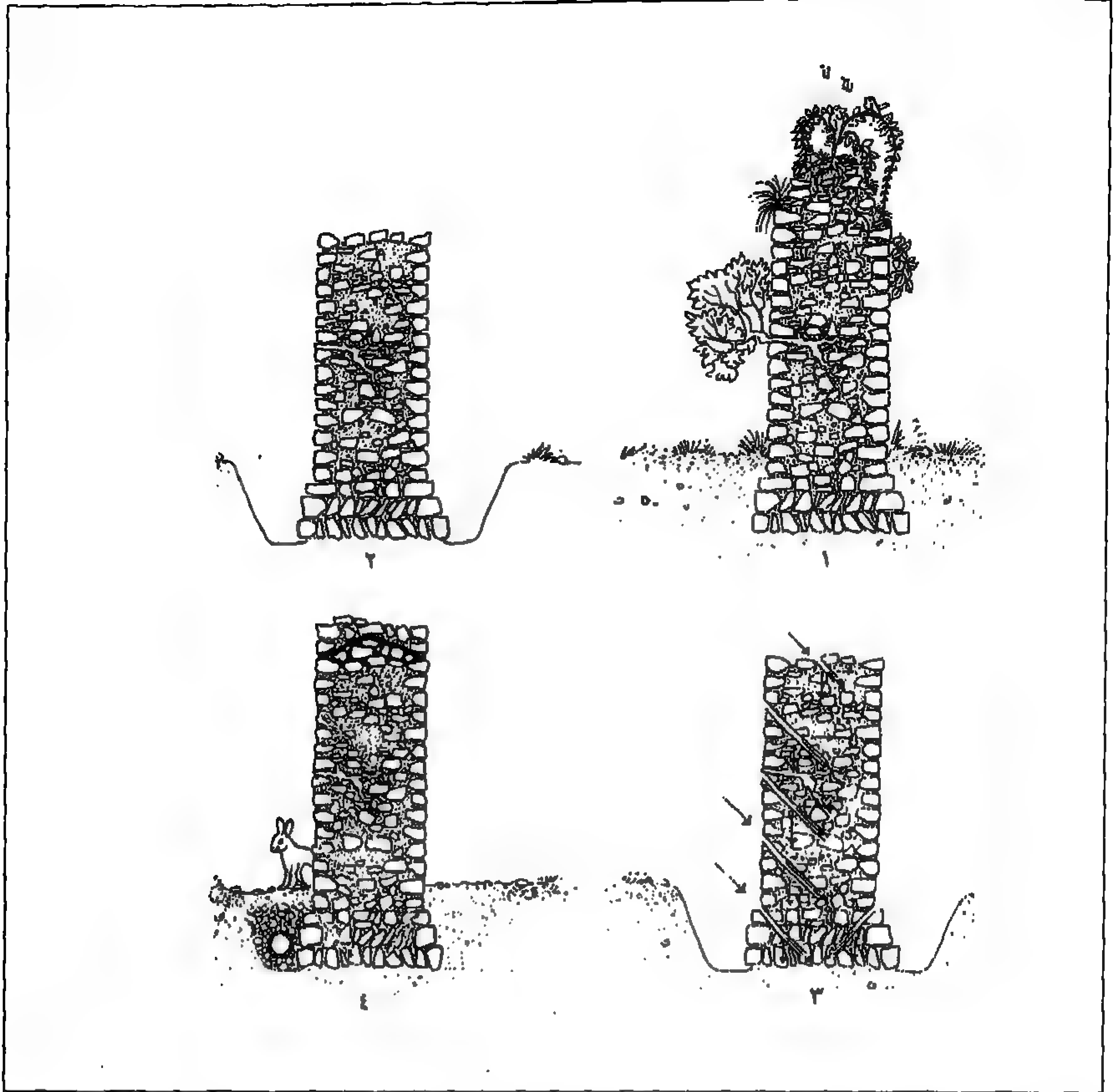


شكل ٣. حقن ملاط منساب من الجير في حائط لعمارة من الطوب (J.-P. A.).



شكل ٤. في بعض حالات عدم الاستقرار فإن الحوائط يجب ان تتلقى تدعيماً لاساساتها، في صورة أوتاد متقاطعة ميكروية من التي لا تتطلب فتحات في التربة، أو عوارض longrines من الخرسانة المسلحة تحيط بالنعل (قطعة مسطحة من الخشب لغرض الدعم) (J.-P. A.).

وعلى العكس مما هو معتاد عمله، يكون من غير ذو فائدة السقاية بالماء للعمائر من الطوب المطلوب معالجتها، بهدف غسلها وتسهيل الإلتحام prise؛ ففي الواقع فإن الملاط المنساب باحتوائه على الجير النقي، المضاف إليه الطين، لا يعتبر كملاط للربط ولكن الرمل والطين مع الملاط القديم للجدار يكون بالفعل هو ما يشكل مواد الملاط الازمة لعمل الرابط، الذى سيعمل ماء الإذابة المتواجد بنسبة كبيرة على نشره وتشرب الكتلة به لضمان الإلتحام.



شكل ٥. مراحل إزاحة التربة والترميم لبناية من الطوب:
١- الحائط وقد حرم من كسوته ودعامة سقفه يكون مُغطى ومُخترق من الرطوبة والنباتات.
٢- نزيل النباتات يدوياً ونسوي سطح الحائط. الجذور الضخمة والعميقة يتم قطعها بالمنشار على مستوى سطح الحائط ثم تدمر بالحقن بالسرنجة، وأخيراً يتم كحت الوصلات في العمق.
٣- نضمن عمل تحشية بعناية باستخدام ملاط الجير حتى نعيد تكوين قشرة غير منفذة لإقتحام النباتات، ثم نقوم بثقب فتحات صغيرة للحقن ويكون لازماً علينا القيام بالعمل بدءاً من قاعدة الحائط.
٤- بعد الإنتهاء من عمليتي حقن وسد الفتحات الصغيرة الخاصة بملاط الجير المناسب، وعلى حسب طبيعة التربة التحتية فإننا يمكن أن نضع ماسورة صرف في كعب الجدار (أسفل القاعدة)، ثم نغطيها بعد ذلك بالحصى. يتم كسوة قمة الجدار لضمان عدم نفاذيته بطلية لها سطحان مائلان، ويتم تغطيتها بمدماك أواثنين للحماية، يجهزان بشكل عشوائي حتى نتجنب إعطاء الحائط مظهر حائط مستوي، ثم بعد ذلك نترك الحشائش لتنمو لغذاء الأرانب الصغار (J.-P. A.).

إذا كان لزاماً علينا بشكل قاطع استعمال الجير المائي وليس الأسمنت، فإن ذلك يكون بسبب التركيبة المتجانسة لتلك المادة مع مكونات الجدار، مكونتاً ملاط له خواص ميكانيكية قريبة من تلك التي كانت لبناية الطوب الأصلية وقطع الدبش المكونة لها.

ولا يكون من اللازم،بل إنه يكون من الضار إدخال رابط مكوناً شبكة متماسكة من العيون (شُبك)، رديئة التوافق مع البناء ككل، ويكون له معامل تمدد شديد الاختلاف. استعمال الأسمنت يجب أن يكون مقصورا على تدعيم الأرضية والأساس وعلى إقامة عناصر سند تجاور بناية الطوب.

سنقوم كل مرة بعمل سقاية بالملاط المناسب مرتان: الأولى بالجير المائي والثانية بسيلكات الصودا.

الملاط المناسب coulis الأول

تلك السقاية الأولى تكون موجهة إلى سد الفراغات التي لم يُتمكن من سدها بواسطة أعمال تهذيب البناء، إلى جانب التشرب في جميع المواضع داخل الملاط القديم المتحلل أو داخل الطينة الخاصة بعمل الوصلات؛ ويكون من المناسب إذاً إكساب ذلك الملاط سيولة كبيرة بإضافة نسبة كبيرة من المياه إليه.غير أنه يبدو أن الخليط إذاً إكتفى بتقليبه يدوياً فإنه يكون غير مستقر (مثل صلصة الخل والزيت الفرنسية) ويكون لحبيبات الجير قابلية سريعة للترسيب في قاع إناء التحضير. من ناحية أخرى، فإن هذا الملاط المناسب الذي نطلق عليه صلصال الصيني barbotine، يُصفى حالما يُسكب في البناء، وتتوقف حبيبات الجير في المليمترات الأولى عند نفاذه. ويكون من المناسب إذاً بشكل قاطع، أن نعمل على استقرارية المحلول، مع الاحتفاظ بميوعته وذلك بإضافة إليه الطينة ذات الحبيبات الدقيقة أو البانتونيت bentonite (نوع من الطينة البيضاء تحتوي على الأوبال)، وعمل خليط من الجير + الطينة + الماء، الذي يمكن تحسينه بإضافة كمية ضئيلة من مادة تزيد من ميوعته (مُميع) مما يعمل على خفض التوتر السطحي، مثل جلوكانات الصودا gluconate de soude. يُعمل هذا الخليط في حوض مزود

بوسيلة تقليب ذات سرعة كبيرة (حوالي 4000 لفة/دقيقة) يؤدى هذا الحوض فى نفس الوقت دور خزان الحقن. حتى نتجنب حدوث ترسيب جديد، فى حالة ما إذا اضطررنا لتغيير الحوض، فإنه يكون من الأفضل عدم التعامل إلا مع كميات صغيرة من الخليط. يمكن أن نقترح الكميات والنسب الآتية:

- جير مائي .... ٥٠ كجم
- بانتونيت مميأ بنسبة ١٠٠ ٪ .... ١٥ كجم
- مُميع .... ١ كجم
- ماء .... ٤٠ لتر

---

١٠٦ كجم

وننبه أنه يكون من الواضح أن الجير الهوائي الذي نحصل عليه في صورة جير محتوي لمواد مُخصبة (مخشنات تربة) يكون منهي عنه تماماً، وذلك بسبب عدم قدرته على الالتحام في قلب عمائر الطوب: ويُستعمل فقط الجير المائي الطبيعي. في مرحلة أولى نقوم، قبل استعمالها بخمسة عشرة يوما، بإضافة الماء إلى الطينة لتخفيفها (١ كجم لكل ١٠ لتر ماء)، ثم عند إجراء الخلط نضيفها إلى المكونات المضافة الأخرى قبل تحريك ريش الخلاط. بعد ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة من التقليب، نترك الخليط لكي يروق لإتاحة فرصة خروج فقاعات الهواء العالقة، ويكون الملاط المنساب جاهزاً للاستعمال.

الملاط المنساب coulis الثانى

بعد إلتحام وشك الملاط المنساب الأول (يستغرق هذا أسبوعان أو ثلاثة حسب المناخ)، نقوم بعمل حقن للملاط المنساب الثاني، الذي يكون مكوناً فى تلك المرة من سيلكات الصودا، التي تتميز بميوعتها الفائقة، ويكون القصد من استعمالها ملء أدق التجاويف التي لم يتمكن الجير من النفاذ إليها.

التجارب العملية تمكننا من اقتراح التركيب الآتى الذي نعبر عنه بالنسبة المئوية للوزن كالآتى:

- سيلكات الصودا، نوع ٣٫٣ / ٣٫٨/٤٠ ....٥٠٪
- مصلد ٢٠٠٠ (شركة Rhône-Poulenc) ....١٠٪
- ماء (عند ٢٠ درجة سلسيوز تقريباً) ....٤٠٪

بعد نهاية عمليات الحقن، يجب أن تتلقى عمائر الطوب طبقة حماية خارجية حتى تكون مضمونة ضد اختراق الماء والتشقق بفعل التجلد، ولتحقيق ذلك نقوم بتغطية الجدران بطلية مستديرة أو على شكل سطحين منحدرين، مكونة من ملاط مضاف إليه مواد عازلة. تلك الطلية والتي يكون منظر استواء سطحها غير جميل، يمكن أن تُغطي بدورها بمدماك واحد أو اثنين يثبتان بملاط من الجير، ويمكن صيانتهما بسهولة بإجراء تحشية تجدد كل فترة، مما بعمل على الحماية من التاثير المباشر للعوامل الجوية والنباتات. تلك الإحتياطات تجنبنا المظهر المصطنع والمنتهي (الذي أجري له تشطيب) لطلية الحماية وتدخل ضمن إطار البرنامج المعماري لمعالجة الشواهد الأثرية من أجل عرضها على الجمهور.

إستراتيجية عرض الموقع على الجمهور

يكون هدف تهيئة موقع أثري ما هو عرض ونقل شواهد عصر مضى على الجمهور الحالي والمستقبلي.

الصعوبة الخاصة بالمواقع الأثرية وبعرضها تكمن في كون تلك المواقع تشكل مجموعة من العناصر في صورة أطلال قليلة الارتفاع يصعب استقراؤها لغير المتخصصين. عرض البقايا الأثرية ينبع من ظاهرة خاصة جداً تتعلق برغبتنا اليوم: في فهم وحفظ علامات الماضي، في صورة آثار كانت قد ضاعت لوقت ما، ثم أعيد العثور عليها.

من ناحية أخرى فإن علم الآثار القديمة (الأركيولوچيا) قد تطور بشكل غدا فيه اليوم علم حقيقي. فلا يمكن لنا إذاً «تدمير» أداة الدراسة، ولكن على العكس من ذلك، يجب المحافظة عليها بشكل يسمح لنا بإعادة استقرائها.

نتيجة الإستراتيجية المتبعة

لن يتم عرض كل المواقع على الجمهور. فأغلب المواقع التي سنقوم فقط بتدعيمها سيتم إعادة دفنها. ذلك التدعيم سينقذ العناصر المدفونة من التدمير السريع والتي قد نرغب في إعادة دراستها مستقبلاً.

لا يوجد إلا القليل من المعماريين المُعدين للعمل في ذلك المجال شديد الخصوصية، ألا وهو الترميم الوقائي للأطلال والبقايا الأثرية. تكون الأطلال أكثر عرضة للتدهور من الصروح، ومع ذلك يتم إجراء ترميمات تغير من وجه الأثر. وقد يحصل أن تعمل ترميمات بدون حتى إجراء رفع مفصل مسبقاً. تلك الترميمات تكون غالباً «كريمة جدا» بحيث تغطي أو تمحو -بشكل شبه لا رجوعي - التكوينات القديمة وأساليب بنائها. في الواقع، فإن الأطلال وهي خارجة من الأرض يكون لها تلك الصفة القيمة جداً، وهي كونها لم تتعرض للترميم من وقت تركها أو دفنها، وهي تعطينا كماً هائلاً من المعطيات، وتمثل تقنيات للبناء قابلة للتحليل. التدخلات «العنيفة جداً» يمكن أن تمسح بشكل نهائي بعض البيانات لتاريخ تقنيات البناء القديمة.

عرض وتهيئة موقع ما

مشاكل العرض والاختيارات المترتبة على ذلك تختلف بشدة من موقع لآخر. ويكون إذاً من الصعب تقرير طرق عامة، فكل حالة تعتبر حالة خاصة. من الممكن إجراء مستويات مختلفة من العرض (عند الأخذ بالاختيارات تراعى عوامل متعددة سياسية، واجتماعية، وبيئية، إلخ...):

- يمكن إعادة دفن الحفائر، غير أن سطح الأرض يجب أن يحمل بطريقة أو بأخرى علامة تدل علي وجود التكوينات المُكتشفة (رسم بالاستعانة ببلاط مختلف الشكل مثلاً)؛
- إقامة روضة أثرية parc archéologique (يجب إعداد الموقع من الناحية التعدينية والنباتية)؛

– عرض «متحفي» للتكوينات (كما جرى في قبو كنيسة نوتردام دو بارى Notre-Dame de Paris، أو أخيراً في قبو اللوڤر الذي يشمل قواعد برج فيليب أغسطس Philippe-Auguste).

تهيئة متحف في الموقع، مرتبط بعرض الشواهد الأثرية، سيُحسن من فهم المضمون التاريخي للمكان، ويترافق ذلك مع النشر العلمي وعرض الموقع نفسه، مما يتيح للجمهور فرصة استقراء شاملة، ومدخل جيد لنتائج الحفريات.

مشاكل فلسفية «لإبراز قيمة» الموقع

تعقد التكوين الأثري لموقع ما يكون بعيد المدى بحيث يصبح من اللازم تقديم مفاتيح إستقراء للجمهور. يجب إقامة نظام تربوي عن طريق عمل الآتى: ألواح شرح، إعادة تكوين مرسومة في مخطط، أو إذا أمكن إعادة تكوين حجمية (في حدود ما هو متعارف عليه)، عرض وسائل سمعية وبصرية مع محاولة لإعادة تكوين الصروح التى «تم محوها»، إقامة مجسمات (ماكيتات) تعيد الحياة للصرح، كل ذلك سيعمل على الكشف عن الأطوار المختلفة ومساعدة الزائر على فهم الموقع.

يكون من المحظور عمل إعادة للتكوين على نفس الموقع لما سيجلبه هذا من خلط. في الواقع يكون من النادر أن تكفى البقايا الموجودة لعمل إعادة للتكوين بدون أن تستلزم منا اللجوء إلى الابتكار (حتى لو قمنا بدراسة صروح من نفس الحقبة التاريخية والتي بلا شك تكون متماثلة ولكن في حالة حفظ أفضل أو مشهورة أكثر ...).

يمكن للمتخصصين دائماً التعرف على كون العناصر أصلية أم لا، ولا يكون الحال هو نفسه بالنسبة للجمهور العادى. فلا يجب إذاً خداع الزوار بتقديمنا لهم أشكال تبقى في نطاق الفروض. يجب على المرمم العمل على إتاحة استقراء الموقع والسعى في إتجاه «كشف» ما هو موجود فعلاً وليس التدخل في تاريخ المبنى. ومن هذا المنطلق، سيكون إعادة التكوين لعناصر مفقودة عملية بها بعض المخاطرة وتتطلب تفكير عميق لمدى تاثيرها.

غير أن استرجاع الطراز anastylose للصروح من الأحجار المنحوتة، ستدخل فعلاً من ضمن أعمال الترميم إذا كان همها «الإستيضاح»: فالعناصر التى تم اكتشفها في الحفريات وإنتزعت من إطارها الأصلي، تكون ما تزال موجودة. فاسترجاع الطراز يرتبط بإعادة التجميع لاستعادة الصورة (التي حددتها الدراسات) للمبنى (أو لجزء منه). فنحن لا نرمم (أو نعيد الشئ لأصله) إلا للشيء الذي يكون ما يزال واضح للعيان (Mertens, 1986). فاسترجاع الطراز هو بلا شك الوسيلة الوحيدة «لإعادة التكوين» recomposition في نفس الموقع الأصلي لصرح «قد إختفى».

يتبع العمل أطواراً متعددة. نقوم في مرحلة أولى بالتحليل، الرسم التخطيطي يكون أداة في غاية الأهمية. كل العناصر التي يمكن إعادة تجميعها يجب أن يتم تسجيلها وترقيمها، ورسمها في الرسم الهندسي الجامع للموقع في ذات الموضع الذي وجدت فيه. كل كتلة حجرية تأخذ رقم تسجيل، يتم وضعه على الكتلة وكذلك على الرسم. يمكن إذاً للعمل في إعادة التكوين أن يبدأ: رسم بمقياس (١/٥ أو ١/١٠ عامةً) ثم نقوم بوضع القطع، ونقارب فيما بين الكتل الموضوعة على الأرض الواحدة من الأخرى. الصور التركيبية (المونتاج) والمجسمات (الماكتات) غالباً ما تصاحب تلك الدراسة. في بعض الأحيان، عندما يكون التجميع معقداً بصفة خاصة، فإنه يكون من المفيد عمل مجسم في الموقع (بمقياس ١/١). وأخيراً فإنه قبل القيام بتجميع الكتل الحجرية سيكون من المفيد التأكد من الإتزان الإستاتيكي للمجموع (مدى تحمل الأساسات، مقاومة وحالة الحفظ الموجودة عليها الكتل).

فالعمل لاسترجاع الطراز، يعطينا عن طريق التحاليل التي يتطلبها، عناصر من تاريخ التشييد والعمارة. انطلاقاً من تلك المعارف سيمكن لنا بعد ذلك تقرير القيام بعمل إعادة البناء reconstruction، والحدود المسموح بها لذلك.

تغطية وحماية المواقع

يمكن أن تختلف أنظمة الحماية المقامة من أجل الحماية الدائمة للتكوينات التي كشف عنها. فمن السقف البسيط (التسقيفة) لمواجهة التقلبات الجوية إلى الساحة المغلقة التى تضمن الحصول على رطوبة ودرجة حرارة أكثر ثباتاً، وتلك الأنظمة ستحدد المناطق المتحفية الممكن تجهيزها في الموقع.

بعض المنشآت المعمارية ستكون تقليدية بشكل أكبر، وأكثر رسوخاً (بناء بالطوب أو الحجارة) موفرةً وضوح رؤية وإضاءة ملائمتان. وستتوافق تلك المباني مع التنظيم العام للموقع.

بعض الأغطية يمكن أن يكون لها أبعاد كبيرة، وستنفذ على شكل تكوينات ثلاثية الأبعاد. وهي إبداعات معمارية حقيقية ولكنها يجب أن تلبي عدد معين من الأمور الملزمة:

- ترتيب مسار محدد لدخول وزيارة الجمهور (حول الحفائر أو عمل نظام من الجسور فوق المناطق المعنية)؛
- إضاءة مناسبة؛
- تناسب الحجم مع عرض التكوينات؛
- الأمن.

الأحجام التي يتم عملها لهدف تربوي يجب أن تستحضر التصميم المعماري الأصلي بطريقة أو بأخرى، بدون أن تكون نسخة منه وبدون تقليد ذلك التصميم...، وذلك عن طريق استخدام مواد حديثة، حتى نستحضر، ونوحي، ولكن لا نخدع أحد بتثبيت معنى ما.

تهيئة الصرح من الداخل

يمكن لنا اعتبار كافة الحلول، من أول عمل فتحة في الأرضية للوصول إلى التكوينات القديمة تحت الأرض، مُخلين بذلك مساحة لاستعمال محدد، إلى عرض القطع في مكانها الجديد. فبشكل أو بآخر، تكون المهام الرئيسية لمعماري المشروع هي الوصول إلى توافق ما بين كل من الحفاظ على القديم

والتطور الحاصل في الموقع، والتهيئة لاستعمال جديد، مع التواصل في إستقرأ المبني.

عنصر «معزول» مطلوب عرضه

لا يكون دائماً من الممكن حفظ عنصر معماري في ذات موقعه الأصلي؛ يمكن إذاً العزم على نقله. وعلى حسب الحالات، يمكن للتكوين أن يُنقل بالقرب من موقعه، أو أن يوضع في وسط مغاير (الذي يجب أن يكون له خصائص قريبة من خصائص البيئة الأصلية)، أو أيضاً أن يوضع في متحف.

وعملية النقل تلك تكون طويلة وصعبة وتحتاج إلى وسائل معقدة ومتطورة. يمكن للنقل أن يتم «كبلوك واحد» (في حالة التكوينات الصغيرة) (Schofield, 1986). أو أن يستوجب فكه وتركيبه (مع كل المشاكل التي ستثيرها تلك العملية من حيث أصالة العمل المعاد تركيبه). النقل «كبلوك واحد» لتكوين ما، يلزمه تطبيق تقنيات مكلفة شديدة التعقيد. ولن نعزم على القيام بذلك إلا للتكوينات القيمة بدرجة كبيرة. ونتذكر هنا الأعمال التي تمت في معبد أبو سُمبل في مصر. فالكتل الضخمة المُكونة لهذا الصرح تم تقطيعها ونقلها وإعادة تركيبها.

في أحوال أخرى، يمكن تصور القيام بفك وتركيب مدماك بعد الآخر. أما بالنسبة للعمائر من الطوب، فإن الحال سيختلف: فالتكوين «الجديد» يجب أن يكون صورة من التكوين الأصلي، عن طريق استخدام نفس المواد، ولكنه لن يكون أبداً بعد ذلك نفس البناء القديم. إذا استخدمت هذه الطريقة فإننا يجب أن نقوم بتبرير ذلك.

«يجب أن نكون مدركين أن أي تدخل يمثل رأى وتأويل غالباً ما يُعبر عن الحقبة التي تم فيها» (Mertens, 1986). وهكذا، فإن أي تدخل ثقيل التبعات وغير رجوعي يجب أن يكون ضروري جداً ويقبل التبرير.

صيانة الموقع

بعد تمام تهيئة الموقع، فإنه لا يجب اعتبار أن الأمر وقد انتهى عند ذلك. فالموقع يجب أن يتم صيانته. فالحفظ لا يكون أبداً عملية منتهية، فهو يكبح التدهور، ولكنه لا يلغي بعض العوامل التي يتولد عنها. فالمراقبة والتنظيف، والأخذ باحتياطات حفظ جديدة تكون أو ستكون دائماً ضرورية، وبالأخص إذا بقيت الحفريات في العراء.

وأخيراً، فبما أن الموقع الأثري يكون مرتبطاً بالبيئة المحيطة فمن المهم عدم الإكتفاء بالتدخل المباشر على العناصر الأثرية المطلوب حمايتها فقط، ولكن يصاحب ذلك مراقبة للمناطق التي سيتسبب تدخلنا في انفصام التوازن البيئي بها (مشكلة قد تنتج مثلاً من اقتلاع الأشجار، أو القيام بإنشاءات قد تغير من التوازن تحت الأرض، إلخ...).

في المتمة ...

عملية التنقيب يستتبعها مشاكل حفظ لصيرورة المكان: ولهذا يجب علينا طرح تلك التساؤلات قبل القيام بأي عمل.

جرت العادة على تتابع الفرق البحثية، فالمعماري يجئ دوره عندما ينتهي عمل الآثاري، ويبدو لنا أن التعاون والمشاركة في ظل روح الفريق يجب أن تكون محل اعتبار.

وتبقى وحدها المعرفة الدقيقة جداً لكل المعطيات الأثرية من قبل المرمم والمعماري هي التي سوف تقودنا إلى عرض «متوائم» لمجموع المقتنيات. ويجب على ذلك الترميم أن يتواءم مع المكان، ولا يكون من نوع ذلك الترميم المكثف الذي لا يأخذ في الإعتبار طبيعة التكوينات، فعرض موقع ما يجب أن يكون لهدف معين، وأن يمدنا بحصيلة ما كان لذلك الموقع من ماضٍ معروف.

حتى يكون هناك صيرورة متجانسة للعناصر الأثرية المعروضة في ذات الموقع، فإنه يجب إقامة برنامج يجمع فيما بين النشر والعرض والمتحف المقام في الموقع. وهكذا يمكن لنا التوصل إلى أن يتفهم الجمهور «أرشيف أرض الموقع».

الباب العاشر

الحفظ على المدى الطويل للقطع الأثرية

دونيه جييومار

تعددت الأسباب التي قد تدعونا لحفظ القطع الأثرية ومنها: تكوين مجموعات مرجعية تتعلق بمختلف التقنيات والمواد، أو مراجع تربوية لتعليم وتدريب الآثاريين والمرممين أو عمل مخزون لاستخدامه في العروض والدراسات المرجعية والنشر العلمي، إلخ...

غير أنه للوصول إلى تلك المرحلة، فإنه يجب علينا الأخذ في الاعتبار لعملية حفظ القطع الأثرية وذلك من بداية مناقشة مشروع الحفائر، مع إعداد المتطلبات المالية والتقنية اللازمة لهذا المشروع قبل الكشف عن أولى القطع. بشكل عام، فإنه يكون علينا التركيز بشكل تفضيلي على «الحفظ المداوي» conservation curative المعالج لآثار التدهور، ولكن يجب علينا الإهتمام أيضاً بإجراء «الحفظ الوقائي» conservation préventive الذي يُترجم في صورة «وقاية فعالة» للقطع في بيئة ملائمة (Price, 1984).

المساحة المخصصة لذلك الجزء لن تسمح لنا بالدراسة المتعمقة لكل تلك التساؤلات، وسنظل في أغلب الحالات على حافة المشكلة لعدد كبير منها. غير أننا سنعتبر أنفسنا أدركنا هدفنا، إذا اعتبر المسئولون عن القطع الأثرية والمستخدمون لها لزاماً عليهم حشد كل الإمكانيات للحفظ الوقائي، عملاً بما سنسرده في تلك الصفحات.

طرق القيام بالحفظ

إعادة خلق وسط مستقر

إذا تمكنت القطعة من أن توجد لنفسها بعض التوازن مع الوسط الموجودة فيه أثناء الدفن، فإنه بعد التنقيب يكون الوسط هو بدوره الذي عليه أن يتوازن من أجل الحفاظ على القطعة من عوامل التدهور وذلك في أقرب وقت ممكن، في الساعات أو حتى في الدقائق التي تعقب الكشف عنها.

عوامل التدهور

استخراج قطعة ما من الأرض، يعني خروجها بشكل مفاجىء من أسلوب تدمير بطيء (في حالة عدم وجود توازن مع الوسط) إلى أسلوب تدمير سريع.

عوامل التغيير لهذا الوسط تتمثل في المناخ، ويعني هذا الثنائي درجة الحرارة/الرطوبة، وفي الضوء، والتلوث الجوي (أتربة وغازات)، والحشرات، والكائنات المكروية (عفن، بكتيريا)، وأخيرا، آخرها وليس أقلها تأثيرا: ما يؤتي الإنسان به من أفعال.

القطع التي تلقت معالجة ما

عوامل التغيير التي تدمر المادة المكونة للقطعة، لن تترك المواد المستخدمة في ترميمها على حالها. فلا توجد أي مواد سواء كانت طبيعية أو تخليقية لا تتدهور مع الزمن (Masschelein-Kleiner, 1985; De Witte, 1985). ولكن آليات التقادم ستعمل بشكل أكثر أو أقل سرعة على حسب ظروف الوسط ومقاومة المادة المعنية. فالقطعة الأثرية التي تلقت معالجة للحفظ يجب وضعها مثل أي قطعة أخرى في وسط قابل للتحكم فيه.

وهناك نزعة سائدة تتمثل في الإعتقاد أننا نستطيع الاستغناء عن القيام بحفظ دقيق ومتشدد حين يكون تحت تصرفنا مرمم جيد. وتلك الفكرة خاطئة بشكل مزدوج:

- فهي خاطئة من وجهة نظر تكلفة التدخلات «الإصلاحية» بالمقارنة بتكلفة الحفظ. إذا كانت الإستثمارات الموضوعة في الطرق اللازمة للحفظ الوقائي كبيرة في البداية، فإن الصيانة لها تكون أقل في التكلفة من المبالغ التي يجب دفعها بشكل مستمر للقيام بأعمال الترميم؛

- وهي خاطئة بالذات لأن أي فعل للترميم هو خطر على القطعة، «أي تدخل يجلب مخاطر، وتلف حتى لو كانت يد المرمم حساسة لأقصى قدر» (Torraca, 1985). وأخيراً فإننا لا يجب ألا نغفل أبداً تلك البديهية: التدهور يكون لا رجوعياً ولا يمكن لنا أبداً العودة إلى الحالة السابقة.

التغييرات يمكن أن تصيب ببساطة مظهر الراتنج، أو بشكل أكثر خطورة الخواص الميكانيكية للمواد التي ستصبح قابلة للكسر ومتصلبة عند تأكسدها؛ تصبح بعض الراتنجات الطبيعية أو التخليقية غير قابلة للذوبان بشكل غادر إذا تعرضت لإشعاعات ذات طاقة عالية مثل الأشعة فوق البنفسجية؛ وأخيراً فعند تدهورها يكون هناك خطر بثها لغازات مضرة بالقطعة.

سنسوق مثال لبيان أهمية البيئة في طول مدة بقاء مواد الحفظ، فراتنج كالبرالويد B72 يمكن أن تمتد مدة فاعليته حتى مائة عام في ظروف متحكم فيها. نفس جزئ البرالويد، إذا وضع في وسط غير متحكم فيه فإن فرصة بقائه تكون عشر سنوات، أما إذا وضعنا تلك المادة في العراء فإن فترة بقاءها لا تمتد لأكثر من خمس سنوات (Feller, 1978).

المعاملات الواجب علينا التحكم فيها

المناخ

المناخ سيكون الجزء الأساسي في هذا الباب. المعنى الحرفي للمناخ هو «مجموعة حالات الغلاف الجوي فوق مكان ما في تتابعها المعتاد» (Durand-Daste, 1985). هذا التعريف المناخي الذي يكون المقياس المكاني له عبارة عن مساحة واسعة، سيتم اختصارها بالنسبة لنا إلى دراسة الغلاف الجوي

المِكروي (المتناهي الصغر) في موضع أو دولاب، أو حتى دولاب عرض زجاجي أو علبة. سنقترب مما يسميه علماء المناخ، «المناخ المِكروى» microclimat، والذي يعتمد بشكل وثيق على صفات محددة جداً وطبوغرافية غاية في الدقة.

وأخيراً، فعند تحليل عناصر المناخ سنتناول بشكل تفضيلي الرطوبة على حساب تناولنا لدرجة الحرارة. وتلك الأخيرة لن تعنينا إلا عن طريق تأثيرها على الرطوبة. والسبب راجع لكون سعة التغيرات الحرارية محدودة في مكان مغلق: وهي نادراً ما تتجاوز ما بين ٥ و ٣٠ درجة سلسيوز. القليل من المقتنيات الثقافية هو الذي يكون حساس لتلك القيم القصوى. غير ان متوسط الرطوبة يمكن أن يتغير بنسب أكبر، وغالبية القطع الأثرية تكون حساسة لذلك. والرطوبة تكون أيضاً العامل الأكثر نشاطاً الباعث على التدهور، وتظهر بأطوار مختلفة على حسب طبيعة القطع: على شكل زيادة في بخار الماء وفعل مسترطب وأكّال، أو على شكل نقص في بخار الماء وفعل مجفف، وأخيراً على شكل طور يتبادل فيه الفعلان السابقان عن طريق تتابع لحد ما سريع للإسترطاب والتجفيف يتولد عنه تأثير ميكانيكي على المادة (Macleod, 1975).

يتواجد بخار الماء بشكل دائم في الجو. من أجل خلق الظروف اللازمة لإنقاذ القطع الأثرية يجب علينا أن نقدر نسبته بأدق شكل ممكن.

يحتوي حجم معين من الهواء، عند درجة حرارة معينة على كمية معينة من بخار الماء: وهي الرطوبة المطلقة humidité absolue. تلك الكمية من بخار الماء لا يمكن أن ترتفع بما يزيد عن حد معين: تلك العتبة القصوى للرطوبة المطلقة تسمى الكمية المتشبعة أو حد التشبع limite de saturation. كلما كان الهواء ساخناً كلما احتوى على الرطوبة: عند ١٠ درجات سلسيوز فإن متر مكعب يتقبل ١٠ جرامات من بخار الماء كحد أقصى، وعند ٢٠ درجة سلسيوز فإنه يتقبل ١٨ جرام. عند تلك القيم يكون الهواء مُشبعاً، ويعني هذا عدم إمكانه استقبال كمية إضافية من الماء على شكل بخار.

نفترض الآن أن درجة حرارة المتر المكعب من الهواء المشبع بـ ١٨ جرام عند ٢٠ درجة سلسيوز تنخفض فجأة إلى ١٠ درجات سلسيوز. فإن الهواء وقد برد لا يمكن له إحتواء نفس القدر من الرطوبة، فنكون قد تعدينا فعلاً عتبة التشبع عند درجة الحرارة تلك ولهذا الحجم؛ يكون هناك إذاً فائض لـ ٨ جرامات من بخار الماء والذي سيتجلى بظهور قطرات (بخار متكثف أو ندى)، وتلك هي ظاهرة التكثف condensation (تحول جسم من الطور الغازي إلى الطور السائل). وكلما برد الهواء كلما ظهر بخار الماء المتكثف.

في الواقع فإن الرطوبة المطلقة لا تناظر دائماً حد التشبع: إذا كان هناك ١٠ جرامات من الماء العالق في المتر المكعب من الهواء عند ٣٠ درجة سلسيوز فإنه عند ٢٠ درجة سلسيوز يكون هذا الحجم مازال يحتوي دائماً على ١٠ جرامات ولن يبدأ في التشبع إلا عند ١٠ درجات سلسيوز، سيظهر التكثف تحت قيمة الـ ١٠ درجات سلسيوز تلك. مثلاً عند ٥ درجات سلسيوز لن يحتوي ذلك الحجم إلا على ٧ جرامات في صورة غازية و ٣ جرامات ماء في صورة سائلة، متكثفة على الجدران وعلى القطع.

يوجد إذاً علاقة بديهية بين كمية الماء المحتوى في الهواء، ويعني هذا الرطوبة المطلقة (HA) ودرجة الحرارة: تلك العلاقة تسمى الرطوبة النسبية (HR)، وهي تعرف بأنها «مقياس تشبع رطوبة الهواء بالنسبة المئوية». (Thomson, 1986, p. 86). تبعاً للمعادلة الآتية

HR = (كمية بخار الماء في حجم معين من الهواء / الكمية القصوى لبخار الماء المسموح بها في هذا الحجم، عند نفس درجة الحرارة) x ١٠٠

HR = (الرطوبة الحالية (HA) / أقصى رطوبة ممكنة (تشبع)) x ١٠٠

فحجم يساوي ١ متر مكعب عند ٥٠٪ من HR، عند أي درجة حرارة يحتوي على نصف الرطوبة التي يمكن أن يحتويها إجمالياً. ويظهر من هذا أنه عند درجة حرارة مرتفعة، فإن الهواء الذي يحتوي على 10 جرامات بخار ماء سيكون له فعل مُجفف (مُنشف)، في حين أن نفس الحجم عند درجة حرارة منخفضة جداً يكون قريباً من التشبع. ويمكن أن نستخلص تلك القاعدة: في حجم مغلق وغير منفذ،

- إذا ارتفعت درجة الحرارة فإن الرطوبة النسبية تنخفض
- إذا انخفضت درجة الحرارة فإن الرطوبة النسبية ترتفع

تلك التغيرات في الرطوبة النسبية (HR) يمكن أن تتم بشكل سريع في يوم واحد وذلك التتابع فيما بين الجفاف والرطوبة سيؤثر على المواد المسترطبة hygroscopiques تماماً مثل الجفاف أو الرطوبة الشديدة.

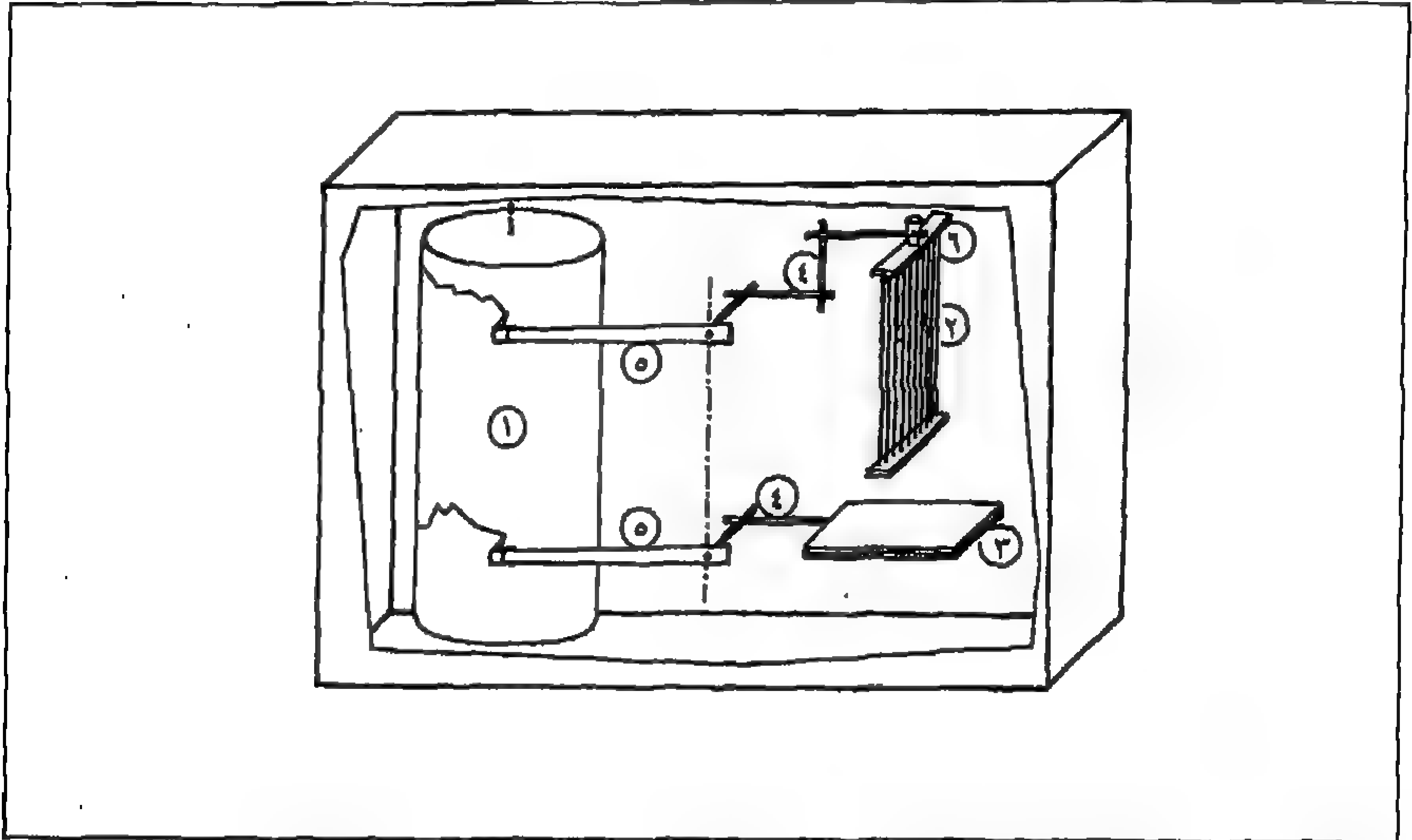
يجب أن يكون في استطاعتنا التأثير على الهواء الملامس للقطع. عند أي ارتفاع لدرجة الحرارة، يجب أن يكون في استطاعتنا إضافة بخار ماء، وعند أى انخفاض لدرجة الحرارة انتزاع بخار ماء منه. ولكن المهم هو التحكم جيداً في الرطوبة النسبية أكثر من التحكم في درجة الحرارة (Guichen, 1984a).

قياس الأحوال المناخية

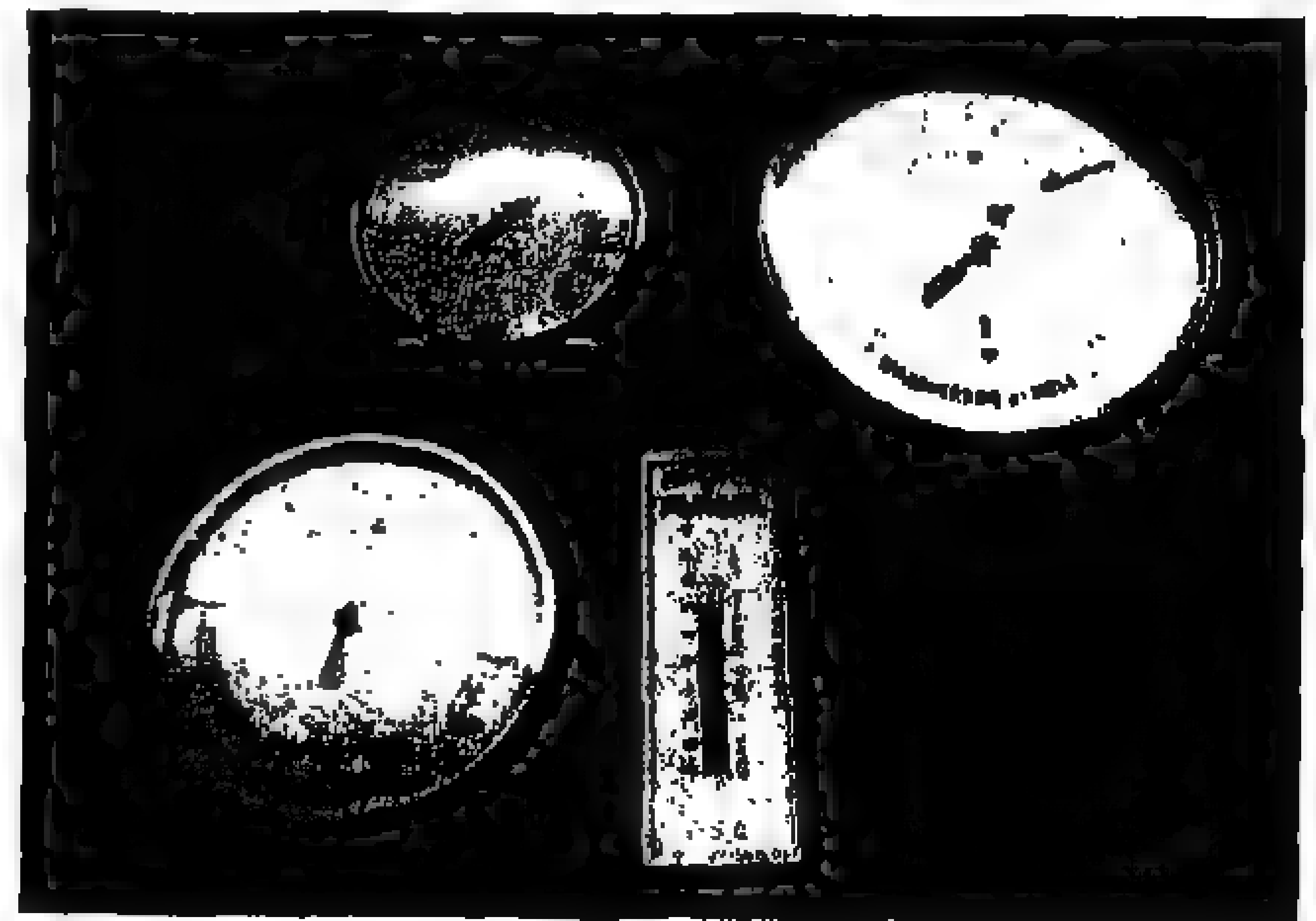
لمعرفة الحالة المرطابية لحجم ما، مهما كان، فمن اللازم إجراء قياسات. حتى يمكن استغلال هذه القياسات، فإن القياس يجب أن يكون مستمراً لعدة أشهر وتسجل النتائج لإمكان المقارنة فيما بينها. الأجهزة المُعدة لهذا الاستخدام تسمى هيجروجراف hygrographes أو ثرموهيجروجراف thermo-hygrographes والأولى تسجل الرطوبة النسبية فقط HR أما الثانية فتسجل درجة الحرارة والرطوبة النسبية بشكل متزامن. يمكن بتلك الطريقة معرفة تأثير واحدة علي تراوح قيم الثانية بشكل فوري. تلك الأجهزة تحتوي على إسطوانة تحمل ورقة مدون عليها مقياس درجة الحرارة والرطوبة. يوجد نظام ميقاتي في الإسطوانة أو في القاعدة الحاملة لها، وهو يحمل الإسطوانة على الدوران في دورة يومية أو أسبوعية أوشهرية على حسب الأجهزة.

الجزء الحساس للرطوبة يتكون من ألياف تنكمش عندما تنخفض الرطوبة النسبية وعكسياً تنبسط عند زيادتها، محركتةً بذلك إبرة بها حبر مركبة على الذراع المرتبط برافعة نقل الحركة بين الألياف والإسطوانة. تُلتقط درجة الحرارة بواسطة أجزاء ميكانيكية ينتقل رد فعلها إلى الإسطوانة في صورة بيانات بنفس الطريقة. توضع شوكات للضبط على المناطق الحساسة للتمكين من إجراء المعايرة.

دقة الثرموهيجروجراف تكون +/- ٢ ٪ ويجب معايرته شهرياً (شكل ١). يمكن لنا قياس الرطوبة النسبية أيضاً بإستعمال جهاز أصغر وهو هيجرومتر الشعرة hygromètre à cheveux. ويعمل بنفس مبدأ عمل الهيجروجراف باستخدام قدرة الشعر على التمدد والانكماش مع تغير المرطابية (الهيجرومترية). وتبين إبرة مرتبطة مع الشعر نسبة الرطوبة في الجو المحيط على مقياس مدرج.

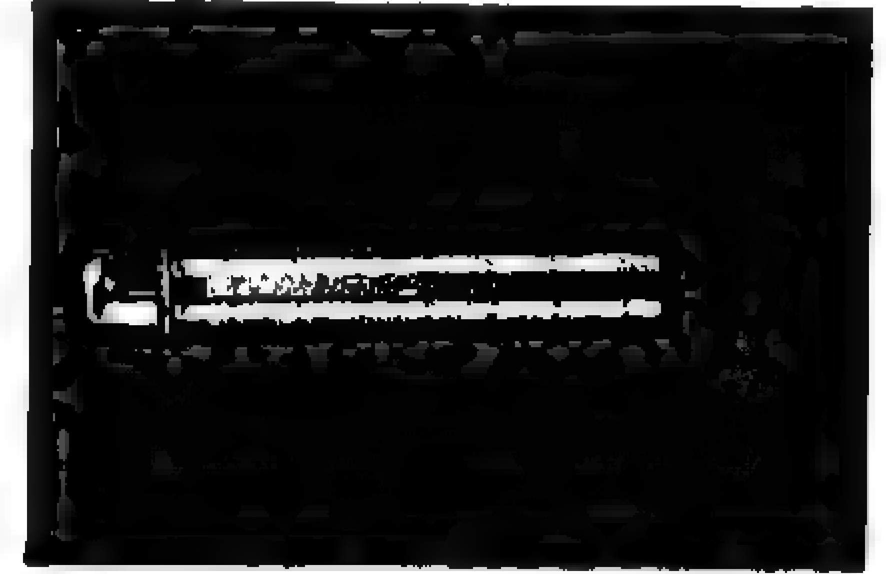


شكل ١. مبدأ عمل الثرموهيجروجراف: (١) إسطوانة (٢) ألياف حساسة للرطوبة (٣) الواح معدنية حساسة لدرجة الحرارة (٤) رافعة نقل الحركة (٥) ذراع حاملاً إبرة الحبر (٦) شوكة ضبط.


صورة ١. هيجرومتر الشعرة وشريط ذو مُبين لوني للرطوبة.

دقة تلك الأجهزة تكون +٥ أو -٥ ٪، إذاً أقل جودة من دقة الهيجروجراف. ويختل بشكل أسرع وعلى ذلك يجب القيام بمعايرتها مرتين في الشهر تقريباً. عند شراء هذه الأجهزة يجب التنبه جيداً إلى اختيار تلك المحتوية على شوكة أو مسمار ضبط سهل الوصول إليه داخل جسم الجهاز.

للقيام بمعايرة الهيجروجراف والهيجرومتر يجب أن نلجأ إلى جهاز آخر: البسيكروميتر psychromètre (مرطاب - مقياس الرطوبة) وهو يبين دائماً قيمة دقيقة للرطوبة النسبية. مبدأ عمله بسيط ويعتمد على الحرارة الكامنة للتبخر لسائل: عند التغير في الطور من سائل/بخار، فإن التبخر يصاحبه دائماً استهلاك للحرارة. تلك الحرارة ستؤخذ من الوسط المحيط، سواء من الهواء أو من جسم ملاصق للسائل، وهذا يترجم بحدوث تبريد.



صورة ٢. بسيكروميتر.

ذلك الإحساس بالطراوة أو البرودة الذي نشعر به على البشرة، بغض النظر عن درجة الحرارة المحيطة، هو ما تم استغلاله أيضاً منذ القدم في البلاد الحارة للحصول علي الماء الرطب بواسطة إناء مسامي (جرة من الفخار).

وهنا يكون الجهاز مكوناً من عدد إثنين من الترمومترات موضوعان بشكل متوازي (صورة ٢). واحد منهما يقوم بقياس درجة الحرارة للجو المحيط ويسمى «البصيلة الجافة» (Tbs)؛ والثاني مزود بقطعة من الشاش نقوم بترطيبها بالماء المقطر عند القياس، ويبين انخفاض درجة الحرارة الناتجة عن تبخر الماء وهو «البصيلة الرطبة» (Tbh). لكي تتبخر كمية معينة من الماء في الحالة السائلة (تغير في الطور)، فإنه يلزم كمية معينة من الحرارة. وكلما كان الهواء حول السائل جافاً كلما زاد التبخر وبالتالي زاد إستهلاك الطاقة اللازمة لرحيل الماء. الانخفاض في درجة الحرارة إلى ال Tbh لن يكون إلا أشد ويكون دائماً متناسب مع درجة حرارة وكمية بخار الماء في

الهواء. كلما زاد الفرق بين Tbs وTbh كلما كانت الرطوبة النسبية منخفضة، وعلى العكس كلما قل الفرق كلما كان الهواء قريب من التشبع.

للحصول على قراءة سريعة للـ Tbh فإننا نُسرع من التبخر سواء بتدوير البسيكروميتر لعدة مرات (بسيكروميتر ذو البكرة)، أو بتحريك الهواء حول البصيلة بوسلية ميكانيكة أوكهربية (بسيكروميتر ذو المروحة). قراءة الرطوبة النسبية لا تكون مباشرة، ولكننا يجب أن نستخدم جداول التحويل المسماة الجداول البسيكرومترية (الجداول المرطابية) أو المساطر المنزلقة التي عن طريق العلاقة بين قياسات الـ Tbs وTbh، تعطينا القيمة المقابلة للرطوبة النسبية HR.

قراءة القيم المعطاة للترمومترين يجب أن تتم بسرعة، بدون الحفاظ على الجهاز قريب جداً من الجسم حتى لا يؤثر ذلك على درجات الحرارة: فكلما كانت درجة الحرارة حول البصيلة الرطبة عالية، كلما انخفضت الحرارة الكامنة للتبخر. في الواقع يمكن لدرجة الحرارة المبينة بواسطة البصيلة الرطبة أن تكون أعلى قليلاً من درجة حرارة الهواء، إذا كان الماء المُحتوى في الغطاء القطني درجة حرارته أعلى من درجة الحرارة المحيطة (يجب أن تكون الماصة التي تحتوي على الماء المقطر في نفس درجة حرارة الغرفة). يمكن أن تحدث تغيرات بسبب الشاش القطني (تخانته، نظافته) أو بسبب تفاوت نقاوة الماء. بأخذ تلك العوامل في الحسبان مع القيمة التقريبية لقراءة الترمومترات، فإن الدقة ستكون +/- ٢ ٪.

يجدر الإشارة إلى نوع آخر من الأجهزة: الأجهزة الإلكترونية للقراءة المباشرة. ولكن كمثل الهيجرومترات، فإن تلك الأجهزة يجب معايرتها ولا يجب أن تستخدم بأي حال من الأحوال لمعايرة الأجهزة الأخرى.

من أجل أداء صحيح للأجهزة، فإنه يجب الالتزام بعمل معايرة منتظمة لها. تردد تلك المعايرة يعتمد على الظروف المناخية. إذا كان هناك تغيرات شديدة فإنه يجب عمل معايرة شهرية وكلما كانت الظروف مستقرة كلما تراجع ذلك التردد حتى يصبح كل ثلاثة أشهر. تفقد الهيجرومترات ضبطها بشكل أسرع، فيجب أن نقوم بمعايرتها بشكل دائم، كل خمسة عشر يوماً أو كل شهر حسب الأحوال الجوية. يجب أن نشير أخيراً إلى طريقة لقياس

الرطوبة النسبية يمكن تعميمها: بطاقة بيان (دليل) الرطوبة وهي شريحة من الكارتون موضوع عليها علامات مطبوعة من كلوريد الكوبالت على مسافات منتظمة. يقابل المرور من علامة إلى التي تليها تقدم للرطوبة النسبية بواقع ١٠ ٪ في كل مرة. يتغير لون العلامات مع درجة المرطابية، وهي تتحول من اللون البمبي الفاتح إلى الأزرق الداكن، فقراءة الرطوبة النسبية HR تتم عند نقطة التحول فيما بين البمبي والأزرق في المنطقة الإنتقالية فيما بين اللونين (صورة ١ وشكل ٢).



شكل ٢. شريط الدليل الملون للرطوبة.

دقة تلك الشرائط ذات الدليل تكون +/- ٥ ٪. ويكون من مميزاتها صغر المقاس وإعتدال الثمن بالنسبة لباقي الأنظمة.

الضوء

في مجال القطع الأثرية فإن الضوء لا يكون عاملاً مؤثراً في التغيير. فإننا من ناحية نكون في حالة حفظ داخل مستودع أثري أو مخزن متحفي وهي أماكن تنتفي بها الإضاءة المستمرة. ومن ناحية أخرى فإن الضوء لا يكون مضراً إلا لفئات من المواد (ورق، نسيج، رسم مصور) لا تتواجد عادةً بل قد نذهب للقول بندرة تواجدها في علم الآثار العتيقة.

الضوء كله يكون مضراً، ولكن الذي يجب أن ندركه أن تأثيرات الضوء تكون متطردة من طول موجة إلى أخرى (Feller, 1964) وأن هذا الفعل

يكون «تراكمي» أي أنه يتناسب مع زمن التعرض: زمن تعرض يساوي ١٠ ساعات بشدة إستضاءة معينة يكون مساوياً لزمن يساوي ساعة واحدة بشدة إستضاءة أعلى بعشرة مرات. الأشعة ذات الطول الموجي الأقصر والتي تمثلها الأشعة فوق البنفسجية ultraviolet تكون هي الأكثر خطورة. الراتنج الذي من المفترض أن يتدهور عند أشعة لها طول موجي يساوي ٦٠٠ نانومتر (ضوء مرئي) سوف يتدهور بشكل مؤكد إذا تعرض لأشعاع أقسى من ذلك. عند ٤٠٠ نانومتر، فإن فعل الضوء سيكون أسرع مائة مرة؛ وكلما عرّضنا هذا الراتنج لإشعاع ذو طاقة أعلى، كلما كان رد الفعل سريعا: عند ٢٨٠ نانومتر (الأشعة البنفسجية لضوء النهار) فإن الرابط الكيميائي سينفصم ١٠ ٠٠٠ مرة أسرع (De Witte, 1985).

نحو الأشعة السينية X	اشعة فوق بنفسجية قصوى UV	اشعة فوق بنفسجية متوسطة UV	اشعة فوق بنفسجية دنية	اشعة مرئية	فوق الحمراء واضحة IR	أشعة ميكروية (ميكرويف)

		الطول الموجي	
	فوق الحمراء		
		٧٨٠ نانومتر	
الضوء المرئي	أحمر	٦٥٠	
الضوء المرئي	برتقالي	٦٠٠	
الضوء المرئي	اصفر	٥٨٠	
الضوء المرئي	أخضر	٥٣٠	
الضوء المرئي	أزرق	٤٢٠	تأثير كيمائي
الضوء المرئي	بنفسجي	٤٠٠	
	فوق البنفسجي الدنيا	٣٠٠	

جدول ١. الطيف الضوئي.

يكون النطاق المرئي من الأشعة تحت ٧٨٠ نانوميتر وفوق ٤٠٠ نانوميتر.
يمتد التأثير الكيميائي للضوء فيما بين ٥٣٠ نانوميتر و٣٠٠ نانوميتر.

عندما تُقدح عمليات التدهور فإنها تتلاحق وتستمر التفاعلات الكيميائية، حتى مع غياب الضوء. ففي التو عندما يصبح الجزئ متفاعل، يتحد القطب المتفاعل مع الأكسوجين وفي هذه الحالة تكون الرطوبة الشديدة عامل مفاقِم (مُشدِد). وتبدأ متتالية من التفاعلات، وتتزايد مراكز التفاعل وتصل إلى سلاسل الجزيئات السليمة.

ويبدو لنا نوعان من العواقب: سواء أدت الأكسدة إلى انفصام للسلاسل وتقصير للجزيئات، فتُغير المادة إذا من لونها وتضعف ميكانيكياً، أو ظهرت وصلات عرضية تؤدي إلى ظواهر عدم القابلية للذوبان ويصبح المُنتج صلب أكثر فأكثر. وإذا أصبح غير قادر على مواكبة حركات القطعة الملاصق لها، تنشأ عندئذٍ قوى شد، تسبب شقوق وشروخ أو كسور (Torraca, 1985).

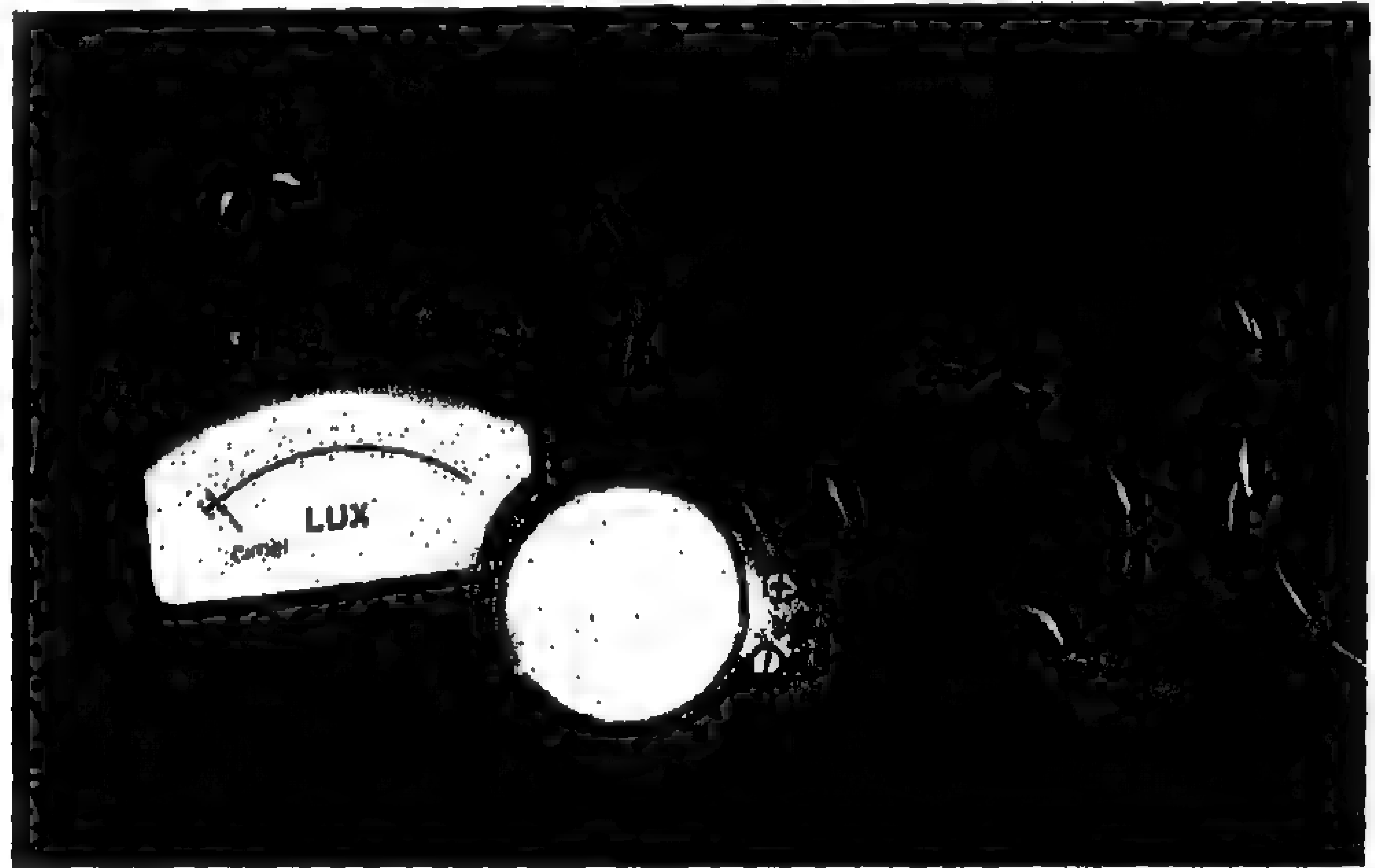
يجب أن نكون متيقظين إلى ظاهرة أخرى مرتبطة بالأشعة تحت الحمراء المنبعثة من بعض المصادر الضوئية، ألا وهي ارتفاع درجة الحرارة حول القطعة. فاللدائن التخليقية التي تتلدن بالحرارة thermoplastiques يكون لها خاصية ذاتية وهي: درجة الحرارة الإنتقالية للتزجج (Tg) وهي قيمة حدية لدرجة الحرارة تحتها يكون الجسم في حالة صلبة وفوقها يسلك الجسم مسلك سائل شديد اللزوجة (انظر تذكرة رقم ٥).

وهكذا فإن اللصق الذي يتم بلاصق يكون له Tg أعلى من درجة حرارة الوسط لن يتعرض لشئ مادامت درجة الحرارة تلك ستظل عند هذا الحد، ولكن يكفي أن تقترب لمبة إضاءة (سبوت) من القطعة التي تم لصقها حتى تنفصم الإلتصاقات بتأثير الإرتفاع الموضعي لدرجة الحرارة.

نتيجة أخرى للحرارة هي التعجيل من التفاعلات الكيميائية: فارتفاع درجة الحرارة بمقدار ١٠ درجات سلسيوز يمكن أن يضاعف سرعة التفاعل الكيميائي. وتتم العمليات الكيمائية للتغيير بشكل تفضيلي عند ارتفاع درجة الحرارة.

قياس الضوء

يكون من الضروري إذاً مراقبة الضوء الذي تتلقاه القطع. ومن أجل ذلك، يجب أن نكون قادرين على قياسه. تُستخدم لذلك أجهزة تعطي نوعان من البيانات: قياس الإستضاءة وقياس الأشعة فوق البنفسجية. قياس الإستضاءة باللوكس lux، سيتم بواسطة لوكسميتر luxmètre (صورة ٣). وهو يعطي كمية الضوء الذي تتلقاه قطعة ما ولا يعطي إذاً أية إيضاحات عن الأشعة غير المرئية. حتى نستطيع إستعمال اللوكسميتر بسهولة فإن الخلية الحساسة للضوء cellule photosensible يجب أن يتم توصيلها بسلك «تطويل» أو أن تكون موضوعة على وجه الجهاز. القياس يجب أن يتم على السطح نفسه للقطعة حتى يمثل ذلك بشكل جيد ما تتلقاه من ضوء.



صورة ٣. اللوكسميتر.

الأشعة فوق البنفسجية UV سيتم قياسها عن طريق آلترافيوميتر ultraviomètre. يعيق استخدام تلك الأجهزة ثمنها المرتفع (علاوة على صعوبة الحصول عليها). وهي تبين كمية طاقة الأشعة فوق البنفسجية التي تحتويها كمية معينة من الضوء المرئي: ويعبر عنها بالميكرووات لكل لومان microwatt par lumen.

لا يوجد جهاز لقياس الأشعة فوق الحمراء IR وحيث إن تأثير الأشعة هو التسخين، فإنه يكفينا قياس درجة حرارة سطح القطع مع التيقظ بشكل خاص للقطع الداكنة التي يكون لها قابلية أعلى لإمتصاص الحرارة.

الوقاية من الضوء والأشعة الضارة تشتمل على الإقلال من الأشعة تحت الحمراء، وإستبعاد الأشعة فوق البنفسجية، والإقلال من الإضاءة وزمن الإضاءة. قبل أي شئ يجب أن نفرق بين حالتين. ففي المخزن الذي نخزن فيه القطع، لا يجب السماح لضوء النهار بالدخول ولا تستعمل الإضاءة الإصطناعية إلا للفترة اللازمة. وفي صالة العرض التي تضاء أثناء وقت فتحها للجمهور، فإننا سنتجنب الإضاءة المباشرة بالضوء الطبيعي، وسيتم مراقبة الإضاءة الاصطناعية، وستحسب الإستضاءة حتى لا نتعدى القيمة باللوكس الموصى بها.

في كل الحالات سيتم استبعاد الأشعة فوق البنفسجية سواء باختيار مصدر ضوئي بدون UV أو إنتقاء لمبات إضاءة يكون لها أدنى إشعاع للـ UV. بالنسبة لمصادر الإضاءة الاصطناعية فهي تكون عبارة عن لمبات متوهجة (ذات فتيلة) تشع أقل قدر من الـ UV ولكنها في المقابل تنتج الكثير من IR. اللمبات الفلورسنت تبث الكثير من UV، غير أنه يوجد الآن لمبات فلورسنت معاملة بغرض استبعادهم، ولا ينتج عنها حرارة.

يمكن استبعاد ال UV بوضع، فيما بين المصدر والقطعة، لغشاء (فيلم) ماص على هيئة طلاء براق (ڤرنيه) أو بلاستيك مرن أو صلب او زجاج معالج. سيتم خفض الIR بمعالجة الضوء الطبيعي بواسطة غشاء (فيلم) عاكس يوضع على النوافذ، وعن طريق إبعاد مصدر الضوء عن القطعة وأيضاً بتجنب اللمبات المتوهجة (ذات الفتيلة).

التلوث الجوي

لا يمكن أن نتناول الحفظ الوقائي بشكل كامل من دون التعرض للتلوث الجوي. وتكون آثار التلوث الجوي أقل حدة على القطع الأثرية منها على أي فئة أخرى من المقتنيات الثقافية، ولكنها تظل عامل تدهور لا يجب تجاهله وبالذات فيما يخص القطع المعدنية. يمكن أن يظهر التلوث على شكل جسيمات عالقة في الهواء (سناج (سواد الدخان)، أدخنة، أتربة) أو على شكل غازات (أنهيدريد كبريتي، أول وثاني أكسيد الكربون، كلور، أوزون...).

يُتفق على قياس مقاس الجسيمات بالميكرون. واحد ميكرون (ميكرومتر μ m) يساوي واحد على مليون من المتر. تختلف طبيعة الجسيمات: حبوب لقاح، خلايا ميتة، صبغات، ألوان (خضاب)، أتربة أسمنت، حبات سيلكا، بوغ (فطريات في اللازهريات وظيفتها إحداث تناسل لا شقي)، سناج، إلخ... أصغر الجسيمات هي التي تنفذ في المباني ومقاسها يتراوح ما بين ٢ إلى ٠٫٠١ ميكرومتر، أما أكبر الجسيمات فهي تبقى بالقرب من مصادر التلوث. مثل هذا التنوع يضعنا أمام مشاكل كبيرة من أجل تنقية الهواء.

يُعتبر التلوث عاملاً نشطاً للتدهور الكيميائي والبيولوجي، وذلك عن طريق خلق وسط حامضي ملامس للقطع وتهيئة الفرصة لإنتشار الكائنات المتناهية الصغر. هذا التأثير سيتضخم بشدة إذا كان الوسط رطباً.

بالنسبة للتلوث الغازي فإن الغازات الأكثر خطورة للمجموعات الأثرية تكون كبريتيد الهيدروجين وكبريتيد الهانيدريد والتي تكون معرضة للتخول عند ملامستها للماء إلى حامض كبريتيك يكون فعل التآكل الناتج عنه مُدمراً بشكل خاص. غاز نشط آخر يكون فعال فيما يخص التلوث وهو ثاني أكسيد الكربون الذي يعطينا حامض الكربونيك. تتعرض شواطئ البحر للرياح والضباب المالح. وتشكل حبات كلوريد الصوديوم المحمولة عن طريق الهواء متفاعل كيميائي قوي على بعض المعادن مثل النحاس وسبائكه. وحيث إن تلك الحبات تكون مُسترطبة فإنه يمكن لها تهيئة الفرصة لإنتشار الكائنات الِمكروية وذلك بالعمل على إيجاد نسبة رطوبة مرتفعة موضعيا.

يجب ترشيح كل أنواع التلوث بواسطة أجهزة تكون بمقدورها إيقاف الأتربة والغازات معاً، تركيب مثل هذه الأجهزة في المباني القديمة يمكن أن يشكل الكثير من الصعوبات التي سيكون المتخصص هو الوحيد القادر على حلها. ولكن مع إنعدام تلك التجهيزات فإننا قد نصل إلى تحسن ملموس عن طريق التنظيف الدوري والمتكرر بالمكنسة الكهربائية الشافطة أو بعزل القاعات ووحدات التخزين. توجد وحدات قياسية لمستوى الترشيح (Lafontaine, 1981)، غير أنه في الأحجام الصغيرة تتلخص الوقاية الفعالة في وضع مواد محملة بالكربون النشط من تلك التي لها قدرة على إمتصاص جزء من الغازات المتسببة في التلوث. ويبقى دائماً العزل وسيلة جيدة لحماية المجموعات مقترناً بمراقبة جيدة للرطوبة النسبية. لا يمكن استخدام منقيات الهواء الإلكترونية أو المؤينات لأنها تنتج الأوزون الضار للمواد العضوية (وبالأخص السليلوز) ولبعض المعادن (الفضة، الحديد، النحاس).

القيم المعيارية

وجدت الحاجة لإقرار قيم معيارية normes من بداية إدراكنا لمدى عدم الثبات، الذي تكون عليه القطع بعد خروجها إلى الوسط الجوي، من وسط كانت محفوظة فيه لآلاف السنين في مقابر كان الهواء فيها مستقر وغير ملوث (Coremans, 1969b). ولهذا السبب فنحن نريد في المتاحف الإقتراب من ظروف الحفظ تلك التي تناسب القطع والتي تعطينا بعض الأبنية الجنائزية أو الكهوف المثل عليها. وقد أصبحت حتمية إجراء التحكم في عوامل الوسط من الأمور المسلم بها الآن.

مسألة القيم المعيارية، وما يمكن الأخذ به كقيمة معيارية

قد تم التوصل إلى تقدم واضح في العقود الأخيرة فيما يخص معرفة عوامل التدهور وأصبحنا نسيطر بشكل مؤكد على تقنيات التجهيز conditionnement. ولكن بالمفارقة، فإنه فيما يخص القيم المعيارية، فإن

تعريف القيم المعيارية المناخية القابلة للتطبيق في المتاحف لم يأخذ أبدا حقه من حيث عمل برنامج أبحاث خاص به على نفس المستوى من التوسع (Antomarchi, 1987).

علاوة على ذلك، فإن المعرفة النظرية التي لدينا لسلوك المواد تكون قادمة من قطاعات بعيدة تماماً عن دائرة نشاطنا، وغالباً ما تكون قادمة من الصناعة أو من القطاع الحربي وتطبق على القطع المصنعة حديثاً.

على هذا يكون اختيار هذه القيمة المعيارية أو تلك، عملياً عبارة عن حل وسط فيما بين الطبيعة الخاصة للقطعة الواجب حفظها، والميزانية، والموضع، وحالة الجو المحلية.

تشكل القطع الأثرية من منظور القيم المعيارية فئة خاصة جداً. ستعتمد ظروف الحفظ على الحالة التي يكون عليها التغيير في القطعة (مثل انتشار الأملاح الذائبة) وعلى المعالجات التي تعرضت لها والتي يمكن لها أن تُبدل خواصها الأولية بشكل جذري.

أي مكان للتخزين يتمتع بظروف مناخية خاصة، يجب أخذها في الاعتبار عند إقرار القيم المعيارية. النشرة الخاصة بالمعهد الكندي للحفظ والمعنونة «القيم المعيارية الخاصة بالوسط في المتاحف ومخازن الأرشيف الكندية» Normes relatives au milieu pour les musées et les dépôts d'archives canadiens (Lafontaine, 1981)، شكلت هذه النشرة محاولة أولى لتوافق القيم المعيارية مع الوضع المحلي. يجب القيام بخطوة مماثلة تطبق على المناخ الخاص بكل منا، بالتوافق مع متوسطات درجات الحرارة والرطوبة الخاصة بنا، القيم المعيارية المقدمة يجب أن تقترب من الظروف المناخية المتوسطة وذلك لعدم خلق فروق كبيرة بين الظروف الطبيعية المحيطة والظروف الإصطناعية المختلفة من أجل حفظ القطع.

علامات الإستدلال للقيم المعيارية

في انتظار الأفضل، لا يكون أمامنا إلا اقتراح علامات استدلال معيارية repéres normatifs، ولكننا قبل عمل ذلك سنوضح بعض المبادئ التي ستسمح للقارئ بإستعمالها على أحسن وجه.

– سنعمل على الأخذ بأقصى استقرار ممكن: الإستقرار الجاف stabilisation sèche للقطع المعدنية، استقرار نصف رطب للمواد العضوية. ولكن القيم الحدية القصوى التي لا يمكن لنا تجاوزها قد تكون شديدة الاختلاف ولن يتم تعريفها إلا بالاخذ في الاعتبار للفروق الموضعية فيما بين الحالة داخل المباني وخارجها. ودائماً ستبقى القيم المعيارية اقرب ما يمكن للظروف الطبيعية للموضع، فالتجهيزات لن تاتينا إلا بتحسين لتلك الظروف؛

– استمرارية الظروف المناخية أثناء تجوال القطع (نقل، عرض، إلخ...) تكون أساسية. يمكن لتغليف مناسب أن يضمن تلك الاستمرارية، وإذا حدث تغير، فإن القطع يجب أن تتكيف معه تدريجياً؛

– سنعمل حساباتنا على المواد التي لها أقل مقاومة للظروف المناخية المتوسطة وذلك في حالة المواد المركبة (عملاً بمبدأ حماية الأضعف) ولكن بدون إغفال تفاعل تلك المواد مع بعضها البعض في الظروف التي يأخذ بها القائم بالحفظ.

القيم المعيارية الخاصة بالضوء هي:

– في حالة التخزين لا يُسمح بتسليط أي ضوء بشكل متواصل؛

– كمية الضوء القصوى المسموح بها للمقتنيات الثقافية لا يجب أن تتعدى ٣٠٠ لوكس بالنسبة للقطع الأقل حساسية و١٥٠ لوكس أو ٥٠ لوكس للقطع الأكثر حساسية؛

– كمية الأشعة فوق البنفسجية المسموح بها تُثبت عند ٧٠ ميكرووات/لومان.

– بعض المواد لا تخشى الضوء عندما لا يكون عليها طبقة تصويرية أو تكسية حامية: وهم الحجارة، والخزف، والمعدن.

القيم المعيارية الخاصة بالتلوث هي:

– نسبة إزالة الغبار تكون ٩٠٪ للجسيمات الأكبر (أكبر من ١ ميكرون)، و٥٠٪ للجسيمات شديدة الدقة (أقل من ١ ميكرون)؛

– سنقوم بعمل ترشيح (فلترة) للغازات بالأخص في المناطق الحضرية أو الصناعية مرتفعة التلوث.

القيم المعيارية الخاصة بالمناخ: يكون من الشائع عمل قوائم حسب نوع المواد. سنقدم القيم المعيارية في صورة جدول لتسهيل استعمالها.

أساليب الحفظ

التقنيات الواجبة لإستقرارية المناخ

إنقاذ القطع المُنقب عنها سيعتمد على الظروف المرطابية وعلى استقرار الوسط.

توجد فئتان رئيسيتان من الوسائل: الوسائل الميكانيكية التي تتطلب آلات معقدة لحد ما والتي ستطبق على تهيئة مجموع الأماكن أو وحدات التخزين الكبيرة؛ الوسائل غير الميكانيكية التي تكون أكثر ملاءمة لتهيئة الوحدات الصغيرة جداً وأكثر إتصالاً بخواص كل مادة.

للمضي في هذا الإتجاه أو ذاك سنسترشد بعدة مقاييس سينصب أهمها على مناخ مكان التخزين (الداخلي أو الخارجي) ومدى مطابقته للمواصفات، وطبيعة مجموعات القطع، وأخيراً الإمكانيات المالية المتاحة.

المواد المراد التحكم فيها	الرطوبة النسبية الموصى بها		الضوء ٧٥ ميكروووات / لومان أقل من ١٥٠ لوكس
	أقل قيمة	أقصى قيمة	
مواد غير عضوية			
معادن	صفر	٤٠	غير ملوث
معادن مُعالجة	صفر	٤٠	يلزم مراقبته
معادن ذات تآكل نشط	صفر	٣٠	غير ملوث
حفريات، سيلكس	٤٥	٥٥	غير ملوث
احجار عارية	صفر	٥٥	غير ملوث
احجار مطلية	٤٠	٦٠	يلزم مراقبته
احجار مالحة	٢٠	٤٠	غير ملوث
خزف سليم	صفر	٧٠	غير ملوث
خزف مطلي	٤٠	٦٠	يلزم مراقبته
خزف مالح	٢٠	٤٠	غير ملوث
زجاج سليم	٤٠	٥٠	غير ملوث
زجاج حساس	٤٥	٤٧	يلزم مراقبته
زجاج يعرق	صفر	٤٢	يلزم مراقبته
مواد عضوية			
خشب سليم	٥٠	٦٥	غير ملوث
خشب مشرب بالماء معالج بال PEG	٤٥	٥٥	يلزم مراقبته
نسيج	٥٠	٦٠	يلزم مراقبته
جلد ورق	٥٠	٦٠	يلزم مراقبته
عظم، عاج، قرن	٥٠	٦٠	يلزم مراقبته
مواد مشربة بالماء غير معالجة		١٠٠	لا ضوء بالمرة

جدول ٢ . مستويات الرطوبة النسبية الموصى بها لحفظ القطع الأثرية والقيم المعيارية الخاصة بالضوء.

معدات التجهيز

الإجابة الوحيدة الكاملة على التحكم في المناخ تبقى تكييف الهواء (Thomson, 1986). ولكن العيب الأساسي لتكييف الهواء هو تكلفة استخدامه ويكون إجبارياً بالفعل عدم توقفه إطلاقاً عن التشغيل، فالتوقف يمكن ان يجلب ضرر عظيم لمجموعات القطع.

يجب إذاً أن نعمل حسابنا على أسوأ الظروف وأن نخطط لوجود صيانة قد تبدو ثقيلة مع التشغيل. فقد تدفعنا ميزانية مضغوطة من البداية لإقامة نظام رخيص لا يلبي إحتياجات المكان، ولن تتمكن الأجهزة التي تكون مُشغلة بأعلى من طاقتها من منحنا المتطلبات المرجوة. يجب أن نعي أن أية تجهيزات لن تستمر لأكثر من ١٥ أو ٢٠ سنة في ظروف التشغيل العادية مع صيانة شاملة لإعادتها إلى حالتها كل ١٠ سنوات.

وأخيراً، فإن تلك الأجهزة سيتم مواءمتها مع الإشتراطات المُتحفية وستقوم بتنظيم الحرارة والرطوبة معاً.

توجد حلول أخرى لتنظيم المناخ لحد مقبول، وبالذات في مناطقنا المعتدلة. ويجب أن نسعى للحصول على معدل رطوبة نسبية HR ثابت طوال العام في النهار كما في الليل (عدم توقف التبريد أو التدفئة، عدم ترك النوافذ أوالأبواب مفتوحة).

غالباً ما نكتفي عملياً باستبعاد أكثر المصادر خطورة، بالعمل على التحكم في الزيادة والنقصان في الرطوبة، وبتقبل إنحراف الظروف المناخية في فترة ما من السنة عن المتوسط المسجل في فترة أخرى، المهم في تلك الحالة هو المرور من حالة إلى أخرى بشكل تدريجي.

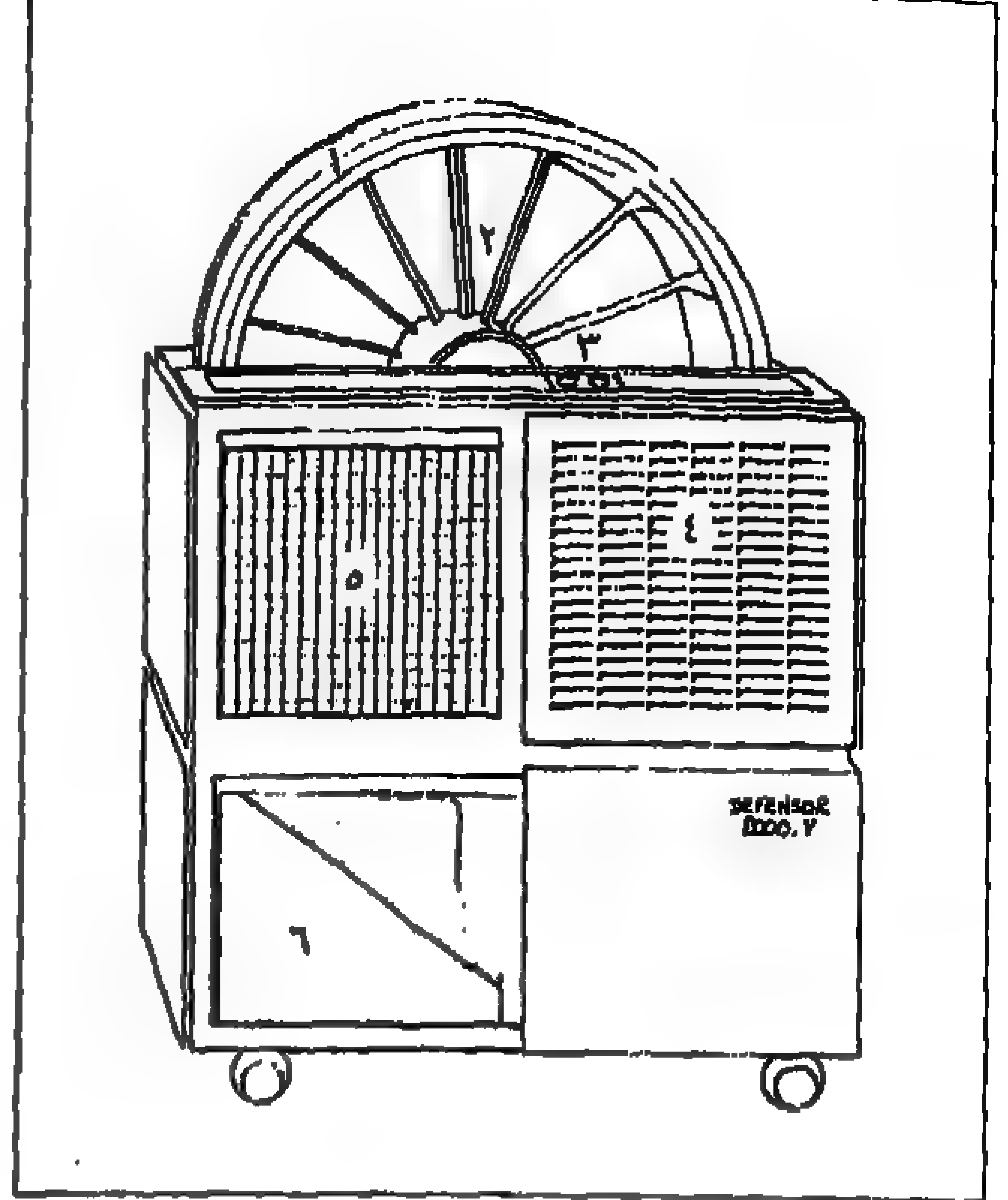
يوجد أجهزة مختلفة قابلة للاستعمال، البعض منها يضمن الترطيب والبعض الآخر إزالة الرطوبة؛ تلك الأجهزة تسمح بتنظيم سريع بإضافة أو إنقاص كمية مناسبة من بخار الماء في الموضع مباشرةً.

المرطبات humidificateurs

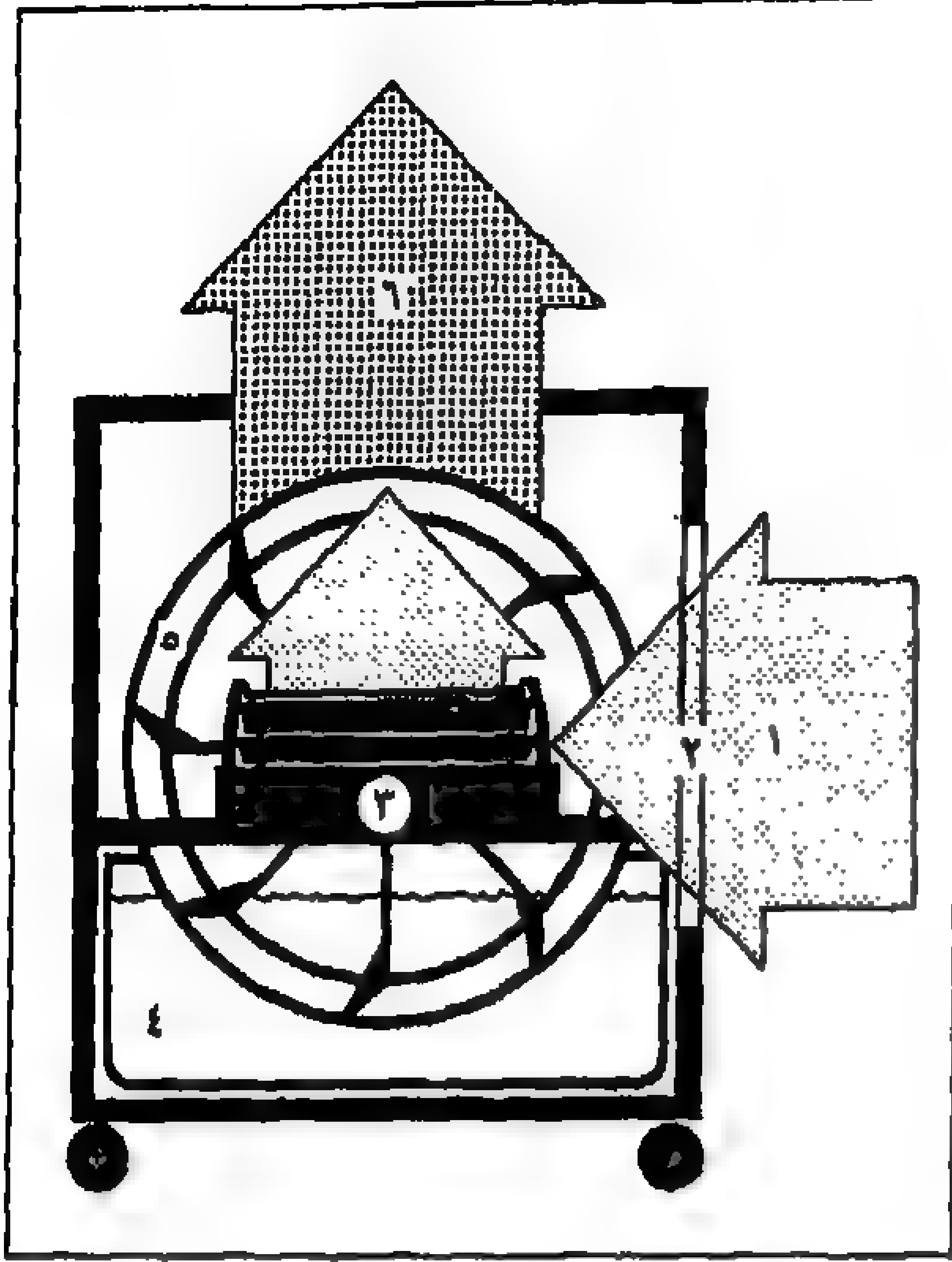
وهي آلات ستبث بخار الماء في الهواء. ويوجد عدة طرق للتشغيل، بالتبخير vaporisation أو بالتذرية atomisation أو البخر évaporation. في حالة المرطب بالتبخير، يتم تسخين الماء حتى يتكون البخار ويُدفع في الهواء؛ وفي حالة التذرية، يُرش الماء في الجو في صورة رذاذ (أيروسول) aérosols عن طريق طارة دوراة. غير أن هاتين الطريقتين لا يمكن أن تُجهزا المخازن بهما لأنهما يمثلان خطراً، في حالة تعطل الجهاز المنظم للرطوبة hygrostat، فإن الآلة ستستمر في دفع قطرات ماء في الهواء بدون أن يوقف تشبع الهواء تلك العملية، وفي حالة المرذاذ atomiseur فإن الماء المرشوش يكون مُحتوي على الأملاح التي ستترسب على القطع.

المرطب بالبخر يكون مناسباً بشكل أكبر لحفظ المقتنيات الثقافية. هذا النوع يسمح بالبخر بدون جلب للحرارة أورش للماء فالإسطوانة الدوارة (دولاب) يثبت عليها حصيرة من مادة ذات تجاويف. يقوم مستودع ماء ببلل الحصيرة التي تدور ببطء مع الإسطوانة. تقوم التهوية بتمرير الهواء من ناحية عبر مرشحات تقوم بتثبيت الأتربة ومن ناحية أخرى عبر الحصيرة التي يتبخر الماء منها. ويحتفظ الجهاز بالأتربة والجير (شكل ٣).

ميزة هذه الطريقة للترطيب أنه إذا تعطل منظم الرطوبة، فإن البخر من الحصيرة لا يمكن أن يتعدى قيمة حرجة تساوي ٧٠٪ من الرطوبة النسبية HR لأن الهواء المرطب لا يسمح بعد ذلك باستمرار البخر: وبهذا يتواجد تنظيم ذاتي auto-régulation ويعتبر ذلك عامل أمان، مما يوصى معه باستخدام هذا الجهاز في المتاحف، والمخازن والمستودعات. في حين أن طريقة التبخير يمكن أن تُستخدم بشكل استثنائي وتحت المراقبة الصارمة في الحالات التي لا يمكن معها استخدام نظام البخر (Vesanto, 1987).



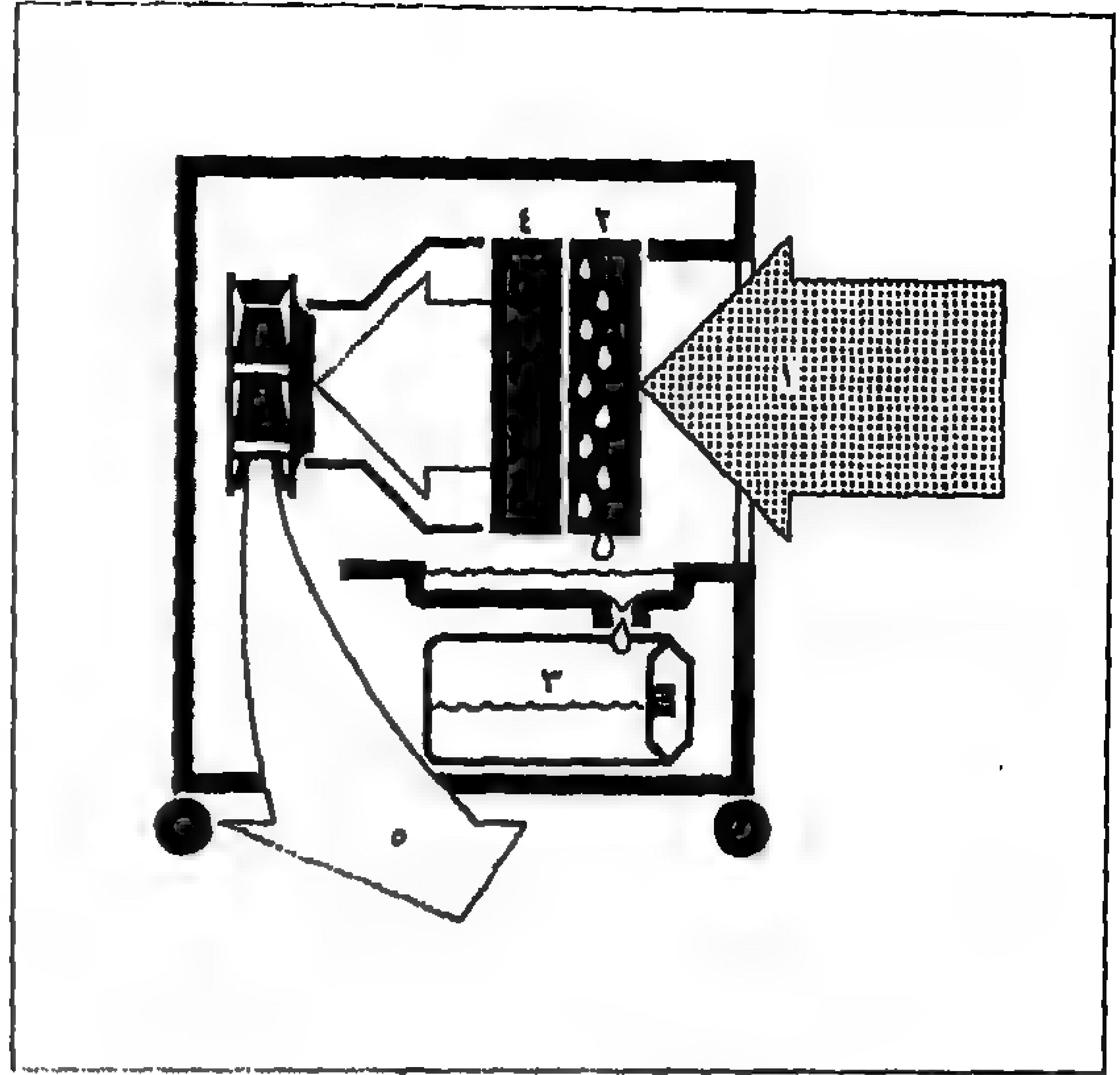
شكل ٣-ا. مُرطب: (١) حصيرة، (٢) إسطوانة دوارة (دولاب)، (٣) مُنظم رطوبة hygrostat، (٤) دخول للهواء الجاف، (٥) مرشح اتربة، (٦) مخزون ماء.



شكل ٣-ب. مرطب وبيان طريقة عمله: (١) دخول الهواء الجاف، (٢) مرشح الأتربة، (٣) مروحة لدفع الهواء، (٤) مخزن ماء، (٥) حصيرة مرطبة، (٦) هواء رطب.

مزيلات الرطوبة (مجففات الهواء) déshumidificateurs

وهي تعمل حسب مبدأ التكثف. تسحب مروحة الهواء من الغرفة وذلك لتمريره حول سربنتينة تبريد (أنبوبة حلزونية) ويعمل الكل كثلاجة (براد). فالكباس (كمبرسور) يعمل على سريان الغاز في السربنتينة التي يقوم جزء منها بدور المُبخر évaporateur والجزء الآخر بدور المُكثف condensateur. يتكثف بخار الماء المُحتوى في الهواء فوق الجزء المُبخر (الجزء البارد من السربنتينة) وهناك يتجمع في إناء إستبقاء. يُسخن الهواء بعد ذلك في الجزء «المُكثف» من الجهاز قبل أن يلقى به في المكان، عند درجة حرارة أعلى بعض الشيء من درجة حرارة الهواء المحيط (شكل ٤).



شكل ٤. مزيل الرطوبة وطريقة عمله: (١) هواء رطب، (٢) الجزء البارد وفيه يتكثف بخار الماء والهواء الرطب، (٣) إناء إستبقاء الماء، (٤) جزء ساخن وفيه يسخن الهواء المزال منه الرطوبة قبل ان يُلقى به في الغرفة، (٥) هواء جاف.

بعض الأجهزة الأخرى تستخدم ماز (له خاصية إمتزاز) adsorbant. فالفيض الرطب يعبر حجيرات محملة بالمواد المازة والتي تتصيد بخار الماء. يتم تسخين هواء خارجي ويمرر حول الحجيرات التي تحتوي على الماز بغرض إعادة إحياءه. ويُدفع بالهواء الجاف في الغرفة ويعود الهواء الرطب إلى الخارج. هذا النوع من الآلات يتطلب تجهيزات ثابتة من المواسير ولا يتمتع بالمرونة الموجودة في الأنظمة الأخرى.

تعتمد كفاءة مراقبة الرطوبة النسبية في مكان ما على شرطين:

– صيانة الأجهزة، وهي لا غنى عنها وذلك لتلبية الشروط الصحية وبنفس القدر المقتضيات الميكانيكية. أكثر الأجهزة حساسية تكون المُرطبات. لكونها تقوم بتقليب الهواء المُحمل بالأتربة، وحبوب اللقاح، والكائنات المِكروية في قيم ثابتة للرطوبة، وتنمو فيها بشكل سريع النباتات والجراثيم (تكّون الطحالب ونمو البكتريا يمكن أن يتسببا في حدوث أمراض) فيجب

إذاً الإعداد لإجراء تنظيف منتظم (Learmonth, 1987). تترسب المواد المعدنية المتبقية بعد التبخير ويجب علينا إزالة الجير من على الغشاء المُرطب حتى نضمن له الكفاءة الكاملة. يُعتبر الصدأ أيضا مشكلة تصيب الأجزاء الميكانيكية، التي يجب أن تُفكك وتُشحم بشكل منتظم. يكون من اللازم عمل قوائم مراقبة (كنترول) للآلات، وإجراء الإصلاحات في الوقت المناسب حتى لا نجد أنفسنا سريعاً وفي حوزتنا معدات غير صالحة للتشغيل: فالجهاز المتعطل سيتسبب في خسائر أكبر مما كان سيؤول إليه الحال مع عدم وجود أية أجهزة على الإطلاق. وتفرض علينا مراقبة الرطوبة النسبية HR عوارض يجب علينا تقبلها.

حتى نأخذ إحتياطنا في حالة حدوث عيوب تشغيل محتملة للآلات، فإنه يجب عمل ميزانية للصيانة موجهة لشراء أقراص من نوع ميكروبيور Micropur المخصصة لتعقيم الماء، ولتغيير مرشحات الأتربة والغشاء المُرطب. عمليات إعادة ملء والتفتيش على عناصر الأمان تتطلب يد عاملة مخصصة لتلك المهمة، وفي حالة ما إذا كان لدينا العديد من الأجهزة في حالة تشغيل فكل تلك العمليات تستلزم تدويراً للأعباء وعمل قوائم للمراقبة (De Witte, 1987; Marsh, 1987). بعض الوفرة البسيطة في المعدات، عما يلزم بالفعل، ستسمح بهامش من الأمان في حالة التعطل.

– قياس الرطوبة النسبية سيعمل بشكل مستمر، ولا يعفينا القيام بتنظيم الرطوبة في الغرفة، من قياس نسبة الرطوبة hygrométrie. وهذا يتيح لنا إكتشاف عيوب التشغيل وتدارك أى عدم انتظام في توزيع الهواء. وقد لاحظنا بالفعل، أن الهواء يتم تقليبه بشكل سيئ وينساب بصعوبة في مكان مغلق ومكدس.

يمكن أن تنشأ جيوب بها مناخ مِكروي، أو على العكس من ذلك تيارات هواء في غير محلها، مع حدوث تغيرات موضعية كبيرة في الرطوبة النسبية. المراقبة الصارمة ستسمح بمعالجة ذلك بتغيير موضع الأجهزة أو بوضع مرواح هواء.

المواد الماصة tampons

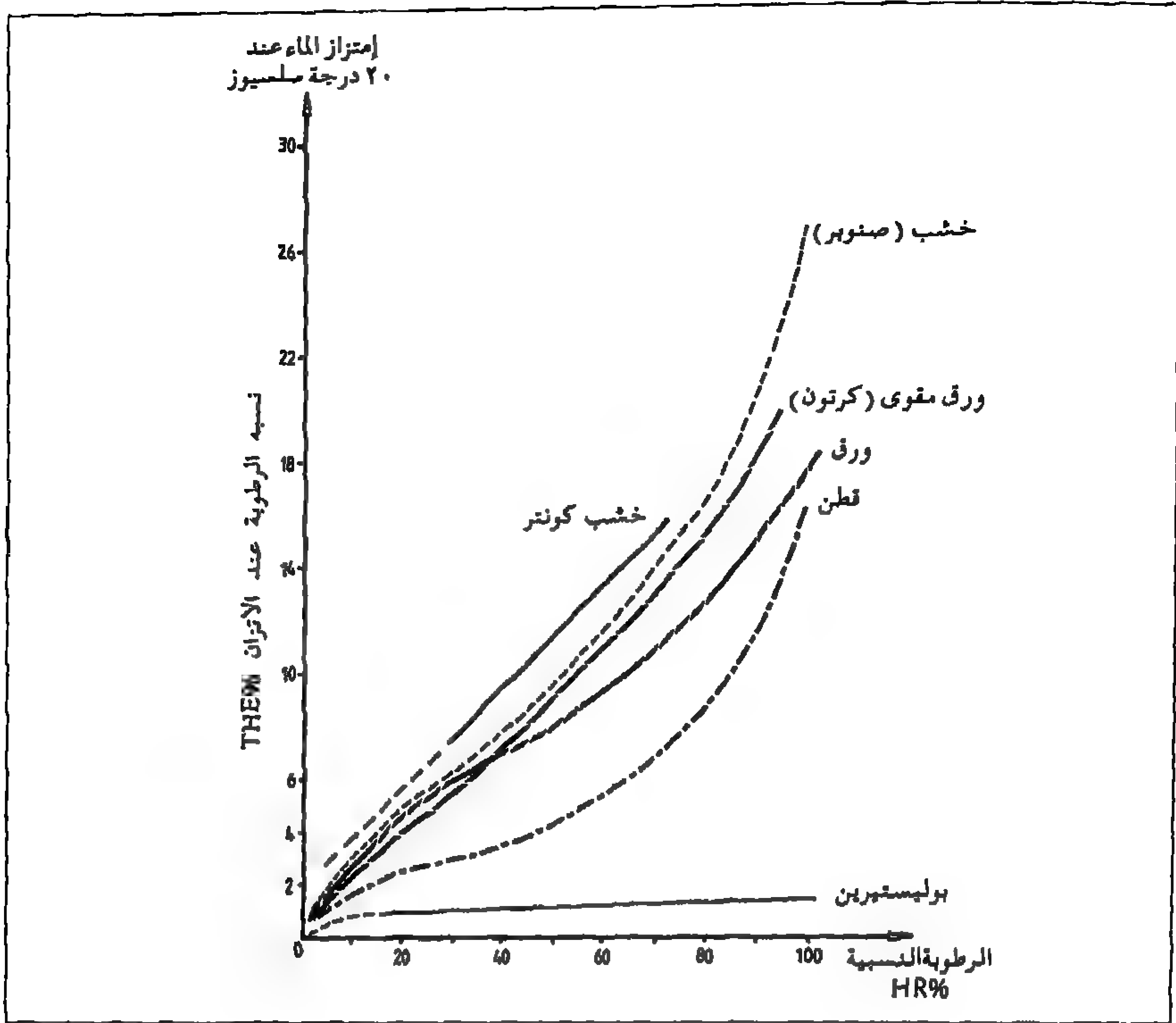
إلى جانب الوسائل الميكانيكية للتحكم في الرطوبة، توجد وسائل أخرى تعتمد على الخصائص المرطابية لبعض الأجسام. تلك الخاصية لإمتصاص أو إرتجاع بخار الماء وفقا للتذبذب في الظروف المحيطة نجدها في الكثير من المنتجات الطبيعية (Kamba, 1987)، كمثل المنتجات المكونة أساسا من السليلوز (خشب، ورق، نسيج...) ومثل بعض الأملاح، أو المنتجات المُصنعة، كجل (هلام) السليكا. وهي نافعة جداً في الحفظ الوقائي لتنظيم الجو في حجم صغير مُحكم (يصل إلى واحد متر مكعب)، بدون الحاجة لمعدات. أنظر للتذكرة رقم ٩: المواد الماصة.

مواد طبيعية	منتجات مصنعة	مواد ملحية ماصة
خشب	جل السيلكا	ملح مموة (مميا)
ورق	طينة منشطة	محلول ملحى مشبع
نسيج		(بيكرومات وكلوريدات الصوديوم)
(قطن، كتان، جوت)		(نترات الماغنسيوم)

جدول ٣. المواد الماصة.

عند وضع المادة الماصة في رطوبة نسبية معينة فإنها ستمتز adsorber أو ستطرد désorber بخار الماء حتى نصل إلى إتزان مع الوسط. ونسبة الرطوبة التي يحتوي عليها عندئذ تسمى نسبة الرطوبة عند الإتزان (THE) taux d'humidité à l'équilibe (شكل ٥).

الاحتياطي النوعي للرطوبة (RSH) réserve spécifique d'humidité والناتج من منحنيات الـ THE، يمثل كمية بخار الماء المفقودة أو المكتسبة بالجرام لكل كيلو جرام من المادة الماصة عندما تتغير الـ HR بنسبة ١٪. وتُنبئنا الـ RSH عن خاصية الامتزاز لكل مادة: فنسبة عالية جدا من RSH تترجم على أنها قدرة عالية جدا للامتصاص (Weintraub, 1981).



شكل ٥. مقارنة منحنيات الإمتزاز لبعض المواد الطبيعية والتخليقية.

	رطوبة نسبية منخفضة ٣٠ إلى ٥٠٪	رطوبة نسبية متوسطة ٥٠ إلى ٧٠٪	رطوبة نسبية عالية ٧٠ إلى ٨٠٪
خشب	٢	٢	٢,٥
قطن، كتان	١	١	١,٥
جل السيلكا	٤	٢	١
طين	١,٥	٢	٣

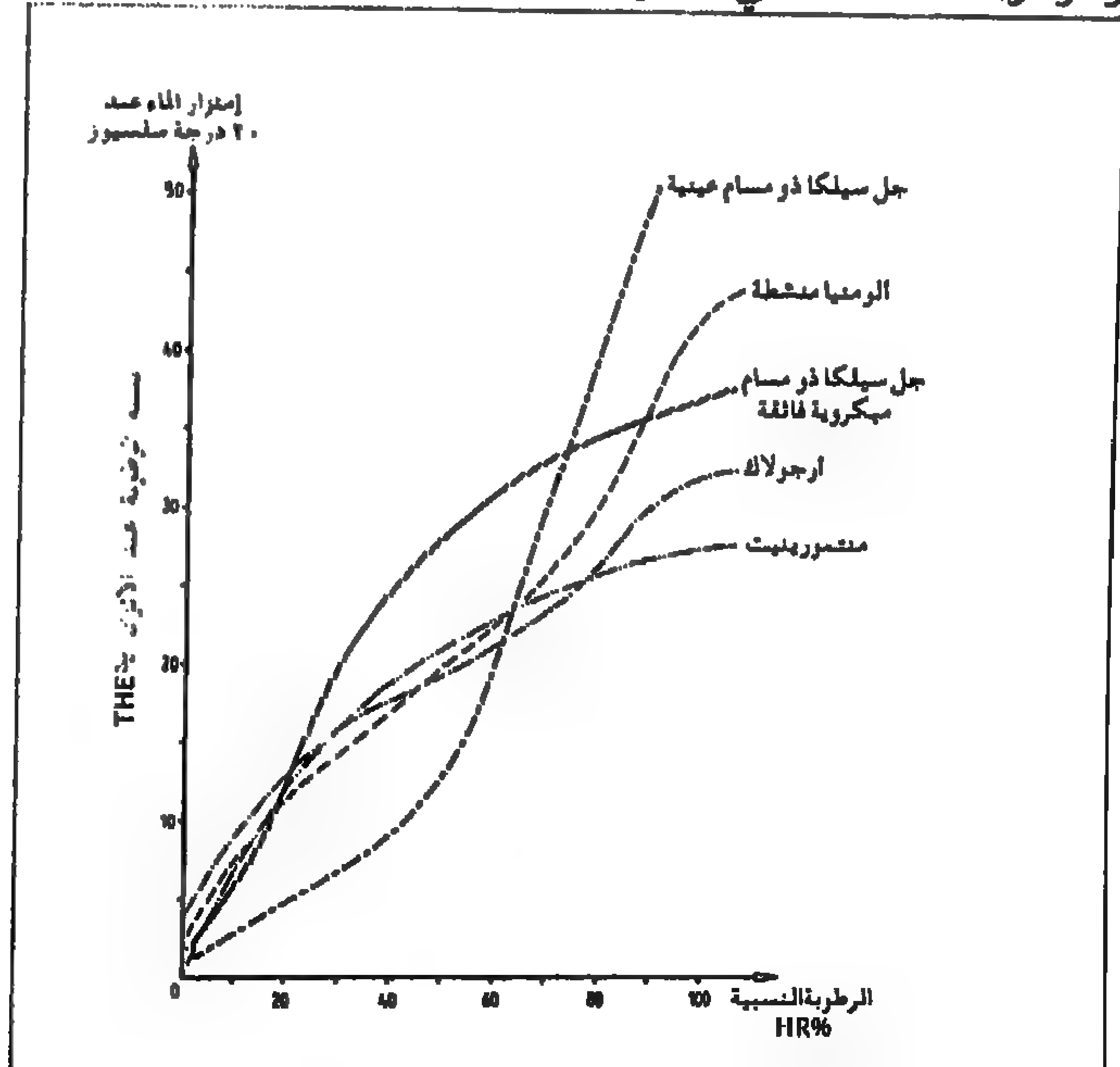
جدول ٤. الاحتياطي النوعي للرطوبة (RSH)، كمية بخار الماء المفقود أو المكتسب بالجرام لكل كيلو جرام من المادة الماصة عندما يتغير الـ HR بنسبة ١٪.

وأخيراً فإنه حتى تكون المادة الماصة ذات كفاءة عالية، يجب عليها أن تتجاوب سريعا مع تغيرات الرطوبة النسبية HR وأن تتفاعل أسرع من المادة المراد حمايتها.

المنحنيات التي ستسمح بتصوير خصائص كل مادة تسمى منحنيات ثبات درجة الحرارة للإمتزاز isothermes d'adsorption. وتمثل كمية بخار الماء المحتوى داخل المادة الماصة بدلالة الرطوبة النسبية (Cassar, 1985b) (شكلي ٥ و٦).

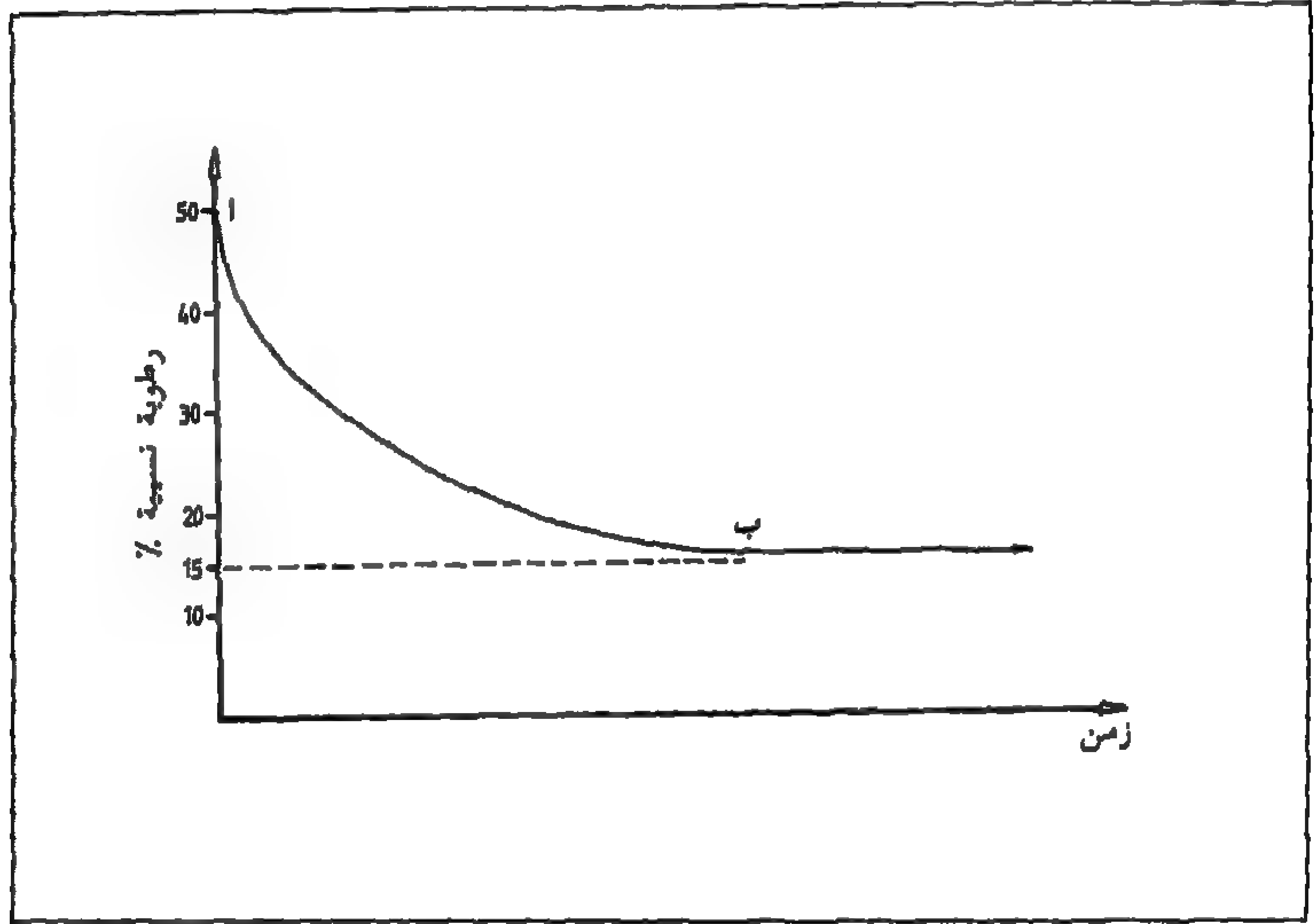
منحنيات ثبات دجة الحرارة isothermes توضح المواد التي تاتينا بأسرع إستجابة لتذبذب الرطوبة النسبية (ميل المنحنى) وتدلنا أيضا عن نطاق قيم الرطوبة النسبية الذي سيكون للمادة فيه أقصى كفاءة.

وعندما يقع الاختيار على المادة الملائمة، فإنه يجب تحديد كمية المادة الماصة التي علينا استخدامها، بدلالة سعتها للامتزاز والمج وحجم الهواء الماخوذ في الاعتبار، وعدم انفاذها للماء، والفرق بين الرطوبة النسبية المطلوبة والرطوبة النسبية في الجو.



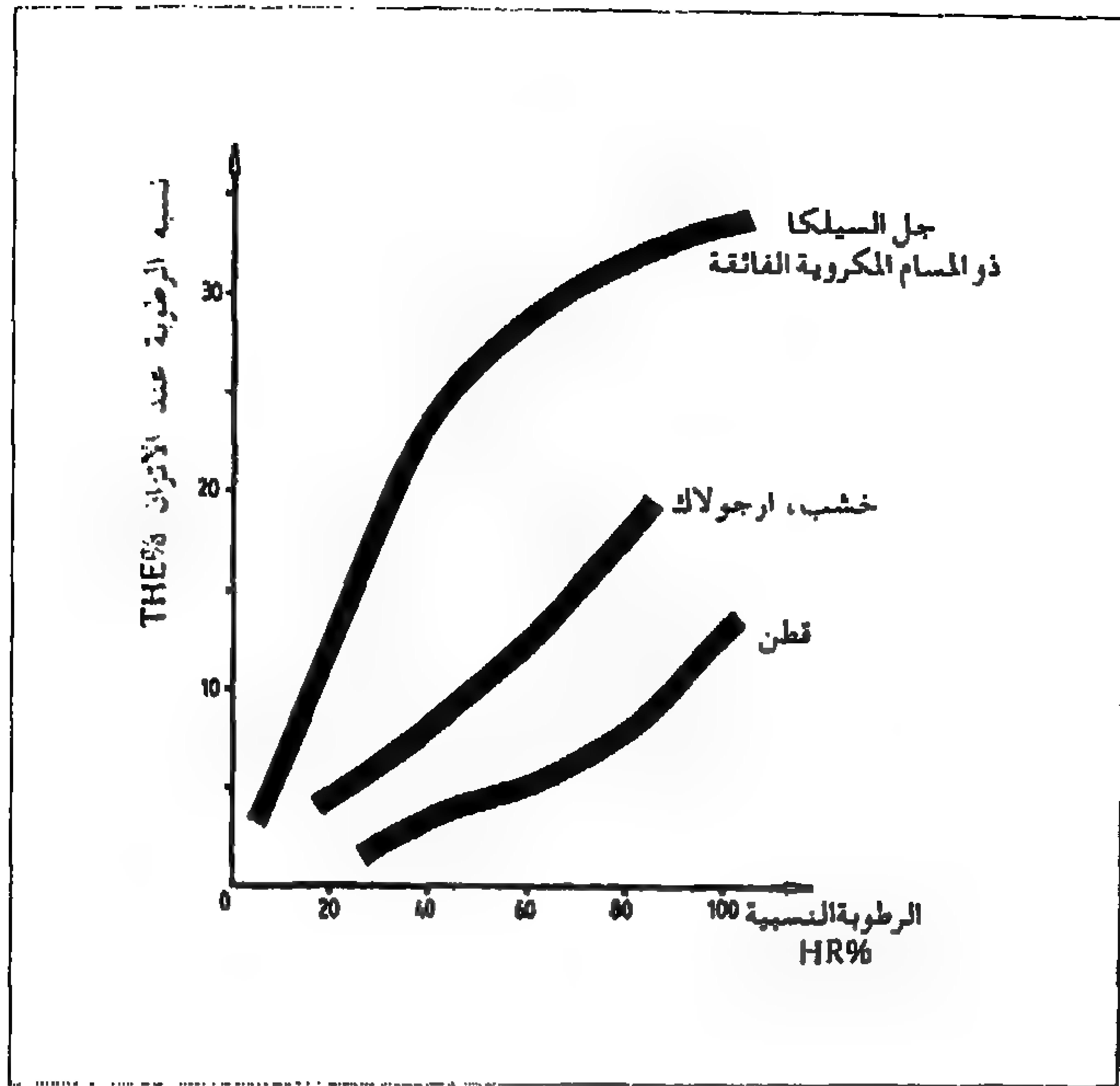
شكل ٦. مقارنة بين منحنيات الإمتزاز لبعض المواد الماصة الشائع استخدامها في الحفظ.

لا يكون أبداً الحجم المغلق غير مُنفذ بشكل تام، وفي جميع الأحوال فإنه لا يكون بالشكل الكافي. فهو سيحتفظ دائما بتبادلات مع الوسط الخارجي عن طريق التسرب عند وصلات التراكيب المختلفة وعبر المواد نفسها. وهكذا فإن الحجم الذي يطلق عليه «غير مُنفذ» ينتهي به الحال لأن يجابه الظروف الخارجية (رطوبة ودرجة حرارة) بإيقاع له تبعية أُسية exponentielle: فيكون سريع جدا في البداية عندما يكون الفرق كبير بين الظروف الداخلية والخارجية، ثم يصبح أبطأ فأبطأ عندما نقترب من الظروف الخارجية (شكل ٧).



شكل ٧. التناقص الأسي للرطوبة النسبية لحجم مغلق.

غير أنه يمكن لنا أيضا أن نكيف بعض الأحجام، باستخدام جل السيلكا، أو المحاليل الملحية أو الطينة المُنشطة (شكل ٨).



شكل ٨. منحنى الإمتزاز للمواد الماصة المصنعة: چل السيلكا والطينة (صلصال).

چل السيلكا

حتى وقتنا هذا، يكون چل السيلكا هو أفضل المواد الماصة أو على الأقل هو ما يلبي بشكل أفضل إشترطات الحفظ المتحفي. وهو من هذا المنطلق أكثرها استخداما، ولكنه لن يكون الدواء الشافي لكل مشاكل الرطوبة النسبية (Asley-Smith, 1984).

چل السيلكا هو سيلكا نقية ذات بناء حبيبي مكون من شبكة واسعة من المسام والتي يمكن للمساحة النوعية (مساحة/كتلة) aire massique منها أن تصل في بعض الأنواع إلى ٨٠٠ متر^{٢}/جرام. تلك المسامية هي التي تكسب المادة خصائصها الماصة: يكون نفاذ بخار الماء سريع ويمكن لكمية الرطوبة التي يمتصها الچل أن تكون عالية جدا (حتى ٤٠٪ من الوزن: ١ كجم چل جاف يمكنه أن يمتز ٤٠٠ جم من الماء).

يناسب چل السيلكا المقتنيات الثقافية لأنه يجمع ما بين الخصائص الآتية:

- يبقى مُستقر تحت تأثير الحرارة والرطوبة؛
- يكون كيميائيا غير معاد؛
- لا يتميع في وجود الرطوبة ويبقى جاف الملمس حتى عند القيم العالية جدا من THE؛
- يستجيب سريعا للتذبذب الحاصل في الهواء المحيط؛
- يتكيف بشكل سهل مع جميع قيم الرطوبة النسبية؛
- لا يتاثر بهجوم الكائنات المِكروية.

أنظر التذكرة رقم ١٠ : چل السيلكا.

كمية چل السيلكا اللازمة لتهيئة الأحجام غير المُنفذة تم حسابه من قِبل G. Thomson, 1977 والذي ينصح باستخدام ٢٠ كج من چل السيلكا لكل متر مكعب. وتلك النسبة هي عامةً التي يؤخذ بها اليوم. وقد تبين ملاءمتها من الناحية المعملية والعملية للتهيئة على المدى الطويل (de Guichen, 1984; Schweizer, 1984). ضرورة إعادة إحياء régénérer چل السيلكا أو على العكس من ذلك ترطيبه، ستتحدد تبعاً لمقياس مرطابي hygromètre يوضع في الحجم المهيئ.

إذا كانت عدم نفاذية الحجوم مقبولة وكمية الچل كافية، فإنه لا يستلزم إجراء أية معاملات للمادة الماصة طالما إستمرت تلك الظروف (de Guichen, 1985).

الصلصال والأملاح

نوعان آخران من المواد الماصة هما الصلصال والمحاليل الملحية، الذان يمكن لهما أن يكونا فعالان في ظروف معينة، وقد سبق وأعطيا نتائج مرضية في بعض المتاحف (Astrup, 1987) (أنظر تذكرة رقم ٩).

فالصلصال المُنشّط يكون له أساسا فعل مُجفِف ويبدو على شكل كرات، أو على شكل كيس من القطن، أو الورق، أو من المواد غير المنسوجة ذات أوزان مختلفة. مثلما الحال لچل السيلكا، يكون للصلصال مسامية دقيقة جدا تمكنه من الإحتفاظ بكمية كبيرة من بخار الماء (شكلي ٦ و٨).

يكون الصلصال فعال بالذات عند القيم المنخفضة للرطوبة النسبية، بسبب سعة إمتصاصه الكبيرة عند الرطوبة النسبية الضعيفة. نطاق استخدامه يكون أساسا في أغراض تخزين أو نقل المعادن. غير أن استخدامه يكون أقل انتشارا من چل السيلكا. لأن من عيوبه تكّون أوحال في حالة وجود رطوبة عالية جدا (تميع) والتحول إلى تراب بعد تعدد استعماله.

يمكن للصلصال أن يستعيد خصائصه بالتسخين في فرن، كما هو الحال لچل السيلكا، ولكن يجب الإحتراس من المواد المستخدمة لعمل الأكياس، إذا كان الصلصال معبأ على تلك الصورة (القطن والمواد غير المنسوجة هما الوحيدان اللذان يتحملان تلك العملية).

المحاليل الملحية (نترات المغنسيوم، نترات الكالسيوم، البروميد) والأملاح المتميأة في الصورة الصلبة تعمل على إستقرار الهواء عند قيم مختلفة من الرطوبة النسبية (Lafontaine, 1987a; Stolow, 1977)، غير أنه يوجد عيب رئيسي عند استخدامها: ألا وهو خطر تآكل المعادن الملاصقة لبعض الأملاح، فعندما يقل الماء في المحاليل المُتشبعة تتبلور الأملاح وقد تبرز البلورات من الإناء وتصل الى القطع (Padfield, 1966). وأخيرا فإن المحاليل الملحية ليست ماص جيد للرطوبة لأن تشرب البلورات الملحية بالماء يكون بطيئاً (Padfield, 1966; Thomson, 1986, p. 113).

نفاذية غشاء بلاستيكي

الكثير من المواد المستخدمة في تغليف أو حماية القطع تكون مُنفذة لبخار الماء. وبالتالي لا يمكن لها ضمان عمل حاجز تام لإختراق الرطوبة أو التلوث (Padfield, 1966)، وهذا هو حال بعض المواد البلاستيكية مثل البلكسي جلاس أو البولي إيثيلين (Thomson, 1986, p. 237).

سرعة نفاذية الغازات عبر غشاء من البلاستيك تعتمد على سمك ذلك الغلاف وعلى فرق الضغط فيما بين خارج وداخل الحجم المحاط بالغشاء. فبالنسبة لبولى إيثيلين له سمك ١٢٥ ميكروميتر ومُغلف لحجم مقداره

٠,٠٢٥ م٣، فإنه يلزم أقل من ١٤ ساعة حتى نصل الى رطوبة بنسبة ٧٥٪ بدايةً من رطوبة نسبية داخلية ٥٠ ٪ ورطوبة نسبية خارجية ١٠٠٪.

بعض المواد البلاستيكية الاخرى تكون أكثر فاعلية، مثل البولى فينيلدين Polyvinylidène أو الأفلام البلاستيكية المغطاة برقيقة من المعدن (Vacumétic من شركة Branoral) (Waller, 1987).

التخزين

الهدف من أي تخزين هو تجميع أكبر كمية ممكنة من القطع في أصغر حيز ممكن.

ومن شروط التخزين الجيد ما يلي:

أن يسمح لنا بالوصول إلى القطعة بسهولة مع تحديد سريع لمكانها بدون تعاملات غير ضرورية أو خطرة؛

– التوافق مع المقتضيات الأبعادية للقطع المطلوب تخزينها؛

– إعطاء كافة الضمانات الخاصة بالحفظ عن طريق إختيار مواد التشييد والحماية من عوامل التغيير (مناخ، أتربة، ضوء، إصابة بالكائنات المِكروبية)، وكذلك العوامل الطبيعية مثل: النار وإجتياح المياه.

ظروف التخزين

عند تناول التخزين، يجب علينا بدون شك الأخذ في الإعتبار لوحدات الترتيب والتخزين وأيضا الأبنية التي ستقام فيها تلك الوحدات (Oxley, 1983).

طريقة الإنشاء يجب أن تحد من التبادل مع الوسط الخارجي ومن هذا المنطلق تحد من فروق درجات الحرارة والرطوبة النسبية.

فالعزل في مواجهة الهواء سيتم تدبيره بعدم ترك النوافذ مفتوحة إطلاقا وتزويد أبواب الدخول بطاقات قابلة للفتح والغلق. ستجهز كل الفتحات بحشوات وصل لعدم التسريب وسيتم تغيير الأبواب والشبابيك غير الصالحة. وأخيراً، فإن العزل في مواجهة الماء سيبقى شاغل يؤرقنا بصفة مستديمة

في حالة المبانى القديمة وبالذات إذا كانت الإقامة بها متقطعة وبالتالي لا يُكتشف التسريب بشكل سريع.

الأسقف ومجاري المزاييب، والمزاييب نفسها سيتم الكشف عليهم، وكذلك شبكات توزيع المياه، وحوائط الأقبية أو السراديب. ستكشف المراقبة المنتظمة للمبنى أي علامات للتسرب عن طريق: البقع، علامات النشع الدائرية، ظهور الأملاح، انفصال الطبقة السطحية، التفتت، التشقق، أوالتعفن الذي يمكن أن يظهر على الحوائط.

تستخدم الأقبية غالبا كمكان للتخزين. وهذا يتيح فرصة إخلاء الأدوار العليا لشغل المكاتب أو قاعات دخول الجمهور. هذا التنظيم يكون من مميزاته توفير أماكن تخزين لها عزل طبيعي واستقرار مناخي أكبر. وكذلك فإن تنقية التلوث تصبح أسهل لأن الأقبية لا يوجد بها الكثير من الفتحات المؤدية الى الخارج.

فالبناء الجيد هو دائما وسيلة أمان ضرورية لتناول أي مشروع حفظ وقائي.

حتى نحقق أعلى كفاءة فإن وحدات التخزين سيتم تصميمها حسب نفس الشروط الواجب إتباعها في المباني، الا وهي: العزل بالنسبة للهواء والاستقرار المناخي. وما يميز عناصر أووحدات التخزين في المقام الأول هو بالتأكيد عملها «كغلاف» وقدرتها على حماية القطعة من عناصر التغيير.

اختيار المواد

لا يمكن عمل أغلفة لعناصر التخزين (القطع) بأية طريقة كائنة ما كانت. فنحن نعرف جيدا دور التلوث الجوي في تآكل المعادن، ولكنه يوجد سبب آخر لتدهورها، أكثر مخادعة وغير متعارف عليه ألا وهو: تصاعد الأبخرة الضارة من المواد المكونة لوحدات التخزين. فبعض المواد ينبعث منها في أثناء تقادمها مواد ناتجة عن التحلل مثل حامض الخليك (بلوط، خشب كونتر) أو حامض فورميك (كرتون) (Nockert, 1978). توجد مصادر أخرى لهذا النوع من التلوث: منتجات التنظيف، وبعض المبيدات الفطرية

والحشرية، بعض المواد التخليقية والألوان الخاصة بها، الطلاء واللواصق، وحشوات الوصل من الكاوتشوك المفلكن (مضاف إليه الكبريت)، إلخ...

يتعاظم فعل تلك المواد مع وجود رطوبة نسبية HR مرتفعة ووسط محصور. من تلك الوجهة تعتبر حالة الرصاص أمثولة نموذجية. فذلك المعدن يُبدى حساسية شديدة بشكل خاص للأحماض العضوية مثل تلك المنبعثة من دِباغ البلوط tannin du chêne (Plenderleith, 1966, p. 285)، وأيضا من الإزوريل (ألواح من ألياف الخشب) Isorel، وخشب الكونتر، والخشب المضغوط (الواح مغطاة بشرائح رقيقة) latté (Oddy, 1975; Padfield, 1982; Leveque, 1986).

حتى نتعرف بشكل أفضل على تلك المنتجات الضارة، ومدى تأثيرها، فإنه قد تم القيام بتجارب (Oddy, 1975; Blackshaw, 1978 et 1979; Hnatiuk, 1981; Padfield, 1982)، ويمكن لبعض الاختبارات الكيميائية البسيطة أن تخبرنا عن مزايا منتج ما، مثل اختبار نتريد الصوديوم azoture de sodium الذي أوصى به Daniels (Daniels, 1982)، وبالأخذ في الاعتبار بعض التناقضات التي تظهر من مختلف الدراسات، فلن نقدم هنا إلا قائمة بالمواد المتفق عليها من قبل كل المؤلفين، أو التي يوافق عليها أغلبهم.

عائق آخر يجابهنا عند الإعتماد على القوائم، الا وهو الجهل بالتركيب الدقيق لتلك المواد: فأي لاصق أو أي نوع شجر قد إستخدم لعمل خشب الكونتر؟ إلى أي عائلة كيميائية ينتمي اللاصق أو الطلاء المُستخدم؟ هل لدينا ضمان بخصوص استمرارية تركيبات المنتجات الصناعية؟ وأخيراً فإن بعض الراتنجات تكون مستقرة وقتيا بفعل منتجات اخرى مما قد يؤدي إلى نتائج مغلوطة؛ وبعد اختفاء تلك المواد المساعدة adjuvants فإن البوليمرات يمكن أن تُظهر السُمية.

المواد الضارة	Cu	Ag	Pb
الفعل على المعادن			
مواد بروتينية: صوف، جلد، رق، لاصق حيواني	X		
قطن خام	X		
كاوتشوك مفلكن	X		
صبغات وبالأخص الزرقاء		X	
استات ونترات السيليلوز		X	
كلوريد الفينيل	X		
كحول بولي فينيلي	X	X	X
استات البولي فينيل، كمستحلب	X	X	X
طلاء Alkyde	X		
طلاء زيت	X	X	X
ورق كارتون عادي		X	X
خشب ضار جداً			
كونتر، الواح رقيقة، إيزوريل (لوحات من الياف الخشب، حبيبي) يعتمد على الخشب والغراء المستخدم	X	X	X
بلوط (بالأخص المقطوع حديثاً) teck			X
أخشاب متوسطة الضرر			
أرز، مران، زان			X
صنوبر	X		
أخشاب قليلة الضرر بالنسبة للرصاص تستخدم للمواد الأخرى			
دردار، أكاجو، صنوبر، خشب أبيض عامتاً			X

جدول ٥. مواد واخشاب ضارة لحفظ المواد.

- المعادن
- الزجاج
- الصبغات غير العضوية
- البولي إيثيلين
- البوليمرات الاكريليكية (كمحلول افضل منها كمستحلب)
- النايلون
- الياف البوليستر
- غشاء البوليستر (terphane, mylar)
- الالياف الطبيعية: قطن (فيما عدا بالنسبة للفضة)، كتان، جوت بدون تجهيز اوصبغ
- بلكسي جلاس
- لاصق إيبوكسي
- الكرتون والورق بدون احماض (سليلوز خالص او قطع القماش (خروق) خالصة (chiffon)

جدول ٦. مواد غير ضارة بالنسبة للمقتنيات الثقافية، يوصى باستخدامها للتخزين وفي دواليب العرض الزجاجية.

نجد اليوم في الأسواق مواد أُعدت خصيصا للحفظ. وهي ورق أو ورق مقوى (كرتون) بدون أحماض وهذا يوفر ضمان عدم الخطورة الكاملة أو الجزئية فيما يخص المقتنيات الثقافية (يكون رقم الـ pH قريبا من ٧ وتركيبهم معد بحيث لا يؤدي تدهورهم إلى إنبعاثات خطرة: ورق أو كرتون من السليلوز الخالص أو من قطع القماش (الخروق) (chiffon) الخالصة. مواد أخرى تكون على العكس من ذلك قلوية ويمكن أن تلعب دور مادة ماصة في جو حامضي: على شرط أن يكون السطح الماص كافي وألا تكون القطع في تلامس مباشر معها (Padfield, 1982)، وهي تُحسن بشكل ملموس من جودة الهواء؛ مواد أخرى كذلك مثل الزجاج أو جِل السيلكا يمكن لها تصويب حامضية الوسط جزئياً (Blackshaw, 1978). يكون فعل المواد الضارة أكبر في وسط مُغلق. ولكنه يكون غالبا من الضروري وضع عنصر تخزين في مكان مغلق لحماية القطع من الأتربة، أو التلوث، أو التغيرات المرطابية، وعند ذلك يمكن أن يسبب تراكم الأبخرة الضارة خسائر أكبر بكثير مما قد يسببه الوسط الجوي. وكلما كانت وحدة التخزين صغيرة كلما كان ذلك صحيح: في هواء جيد التقليب بالمراوح أو في حجم تخزين كبير، فإن تلك الأبخرة تصبح عندئذ شبه غير ضارة. في حالة ما إذا كان لدينا شك في

الضرر الذي قد ينتج عن مواد التخزين، فإنه يفضل دائما عمل تهوية جيدة، وذلك بالطبع إذا كانت القطع يمكن ان تتحملها أو كانت الظروف المحيطة يمكن التحكم فيها: بالنسبة للقطع التي تحتوي على الأملاح القابلة للذوبان فإن ثبات الرطوبة النسبية يجب أن يُراعى قبل عمل تهوية غير متحكم فيها.

كيفية القيام بالتخزين

يمكن أن تتعدد طرق التخزين، فالأخذ بهذه الوسيلة أو تلك يكون لتلبية عوامل يستوجب علينا حصرها قبل المضي في التنفيذ (Johnson, 1980, p. 35).

هناك عوامل ذات طبيعة مناخية: لأي حد يكون من الضروري التدخل في تحديد الرطوبة النسبية؛ هل القطع المراد تخزينها تكون حساسة للرطوبة أم للجفاف، أو للتذبذب فيما بينهما؛ هل يمكن لنا التحكم في اماكن التخزين ككل أم في عناصر منها فقط؟

يُعتبر التلوث عاملاً آخراً. يجب القدرة على تحديد درجة تلوث الأماكن والتدخل سواء بطريقة شاملة، أو عن طريق عزل المواد الأكثر حساسية في وحدات محكمة الغلق (جلد، معدن، نسيج...)؛ في حين انه يمكن لمواد أخرى مثل الخزف، تحمل أجواء محيطة غير مُتحكم فيها بدرجة كبيرة.

يكون من المستحب تصميم تخزين ياخذ في الاعتبار التعدد الكبير في نوعيات المواد وعدم الخلط في نفس الوحدة فيما بين المواد العضوية والمواد غير العضوية. تُطرح بالطبع مشكلة القطع المركبة: بالنسبة لتلك القطع فإننا سنختار ظروف التحكم التي تقترب من أفضل الظروف المواتية للمادتين المكونة منهما القطعة مع الإنحياز للمادة التي لها قدرة على إحتمال الظروف غير المعتادة بدون التعرض للضرر (فالخشب والعظم لهما قدرة جيدة على احتمال المناخ الجاف، إذا أخذنا إحتياطنا بتعريضهما لذلك تدريجيا).

إذا كانت القطع المُخزنة لها نزعة تعليمية أو بحثية، فإنه يجب علينا الإعداد لعناصر تخزين سهل الوصول اليها بشكل خاص، فالتعاملات السيئة تكون مصدر تدهور لا يستهان به. و يمكن لها أن تتسبب في إهتزازات مدمرة لبعض المجموعات كتلك المكونة من قطع زجاجية أو خزفية.

دعامة نصب القطع

قد يكون من اللازم عمل دعامة نصب للقطع الاثرية، من أجل عرضها في دواليب العرض الزجاجية، أو لمجرد التعامل معها. فوضع قاعدة soclage عند العرض في دولاب عرض زجاجي (ڤترينة) يكون ضروريا من الناحيتين الجمالية والميكانيكية معا. في حالة التخزين فإن وجود الدعامة لا يكون موجب في حد ذاته ولكن يكون علينا أن نعي جيدا كون بعض القطع قد تتعرض للتشوه تحت ثقل وزنها الذاتي. في تلك الحالة إذا لم يعد الشكل الجمالي يلعب دورا، فإن كل الإهتمام سيوجه إلى الإجهادات الميكانيكية، ويستوجب عند إقامة قاعدة لغرض التخزين أو العرض أن تلبي الشروط الواجبة نفسها:

- يجب أن تكون ذات مقاومة كافية لمجابهة الاجهادات؛
- يجب ألا تشكل خطورة على مادة القطعة: بعدم الإضرار بها وتجنب التفاعلات الكيميائية أو الإلكتروكيميائية؛
- عدم إضافة تشوهات ثانوية عن طريق تثبيت أو وضع خاطئ للشكل: ثقوب، قطع، لي...؛
- تكون سهلة الفك مع ترابطها بشكل كافي مع القطعة لتلافي السقوط (Ward بدون تاريخ).

الخيارات الرئيسية

انطلاقا من تلك النقاط، يمكن اعتبار ثلاث خيارات:

- تكييف مجموع المباني؛
- تكييف وحدات تخزين كبيرة؛
- تكييف وحدات صغيرة خاصة بالمواد الأكثر حساسية. بالنسبة لكل خيار من تلك الخيارات فإنه يجب إعمال طرق خاصة واستعمال أجهزة تبعا للحجم المراد التعامل معه ولطبيعة المواد المراد الحفاظ عليها.

تكييف مجموع المباني

هو خيار قاطع يتعامل مع الحجم الكلي لمكان التخزين، ولتحقيق ذلك نستخدم تقنيات تكييف الهواء. ذلك الخيار لا يؤخذ في الاعتبار بشكل جدى إلا إذا إجتمعت كل الظروف التي سبق استعراضها.

يبقى أن نشير إلى أنه بالنسبة للمعادن يجب في كل الأحوال الأخذ في الحسبان إجراء معالجة خاصة، فالهواء المُكيف يعمل على استقرارالوسط الجوي عند درجة رطوبة نسبية HR تدور حول ٥٠ ٪، مما يُعتبر مرتفع جدا.

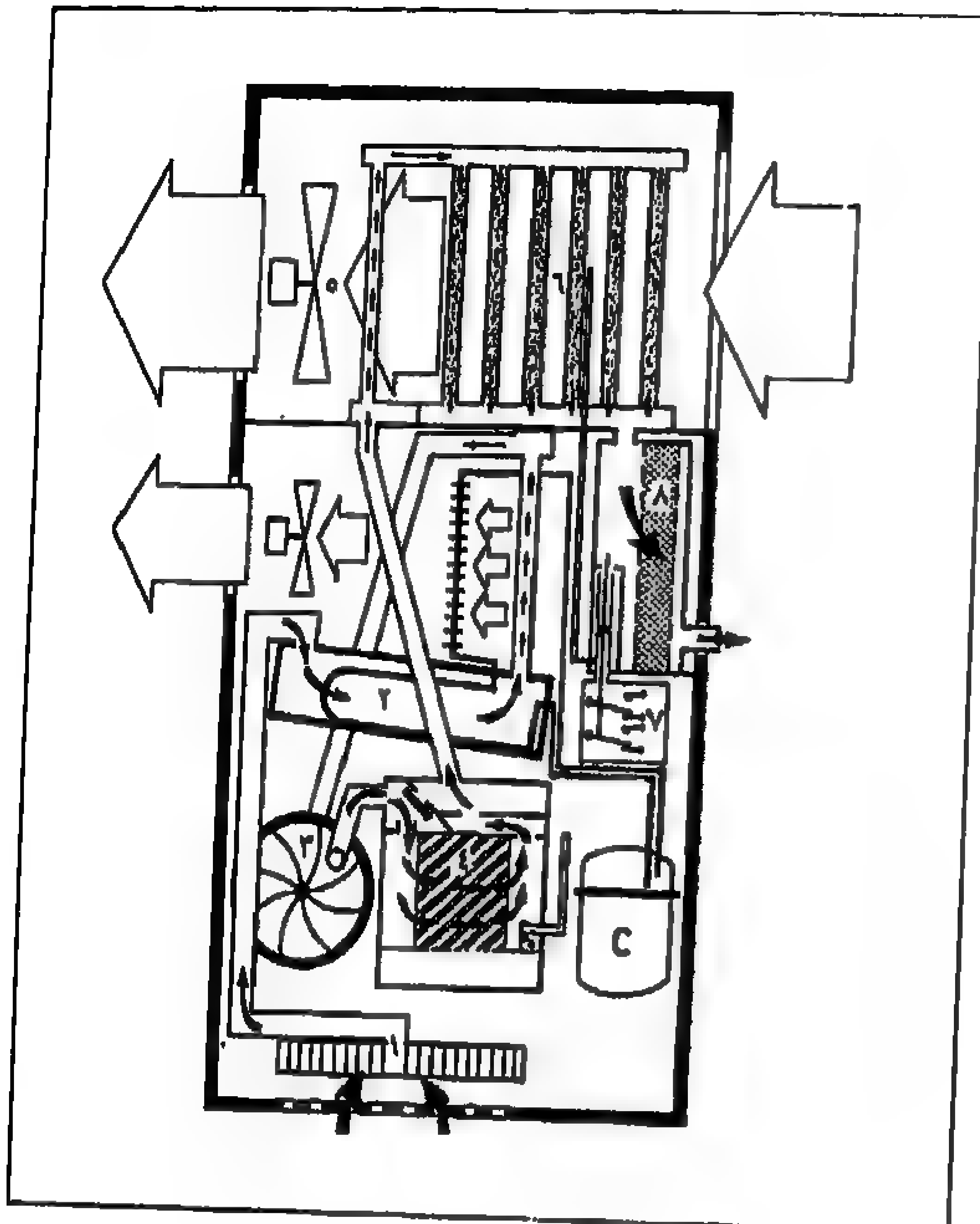
تكييف وحدات التخزين الكبيرة

نعني «وحدات التخزين الكبيرة»، غرفة، أو دولاب، أو مجموعة دواليب كبيرة نسبيا يمكن لها إحتواء أجهزة مراقبة الرطوبة النسبية. تلك الأجهزة قد تم استعراضها فيما سبق، وتوجد لدى المنتجين مجموعة عريضة من الآلات ذات قدرات واسعة جدا لمعالجة الهواء. عن طريق قياسات مسبقة يمكن لنا معرفة أي الأجهزة سنختار: الأجهزة المُرطبة أو المُجففة، وكذلك معرفة كيف سنضعها في المكان.

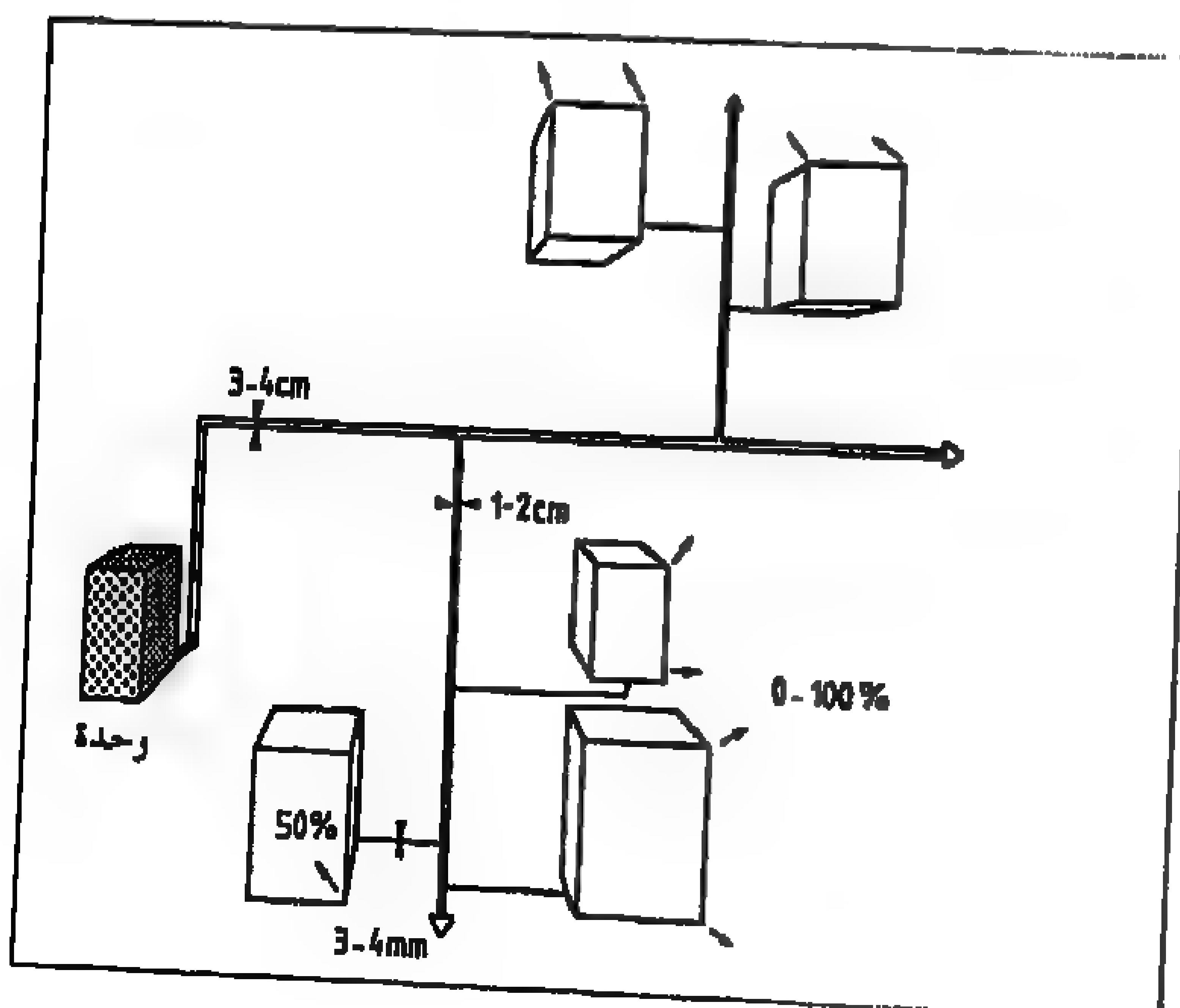
يجب علينا الأخذ في الاعتبار الحجم المراد التعامل معه وكذلك طبوغرافية المكان. فوضع جهاز في منتصف حجرة لن يكون دائماً هو الحل الأمثل. فيمكن أن تتولد مناطق ذات مناخ مِكروى ويكون من الواجب علينا إمتصاصها بوضع الأجهزة في أماكن إستراتيجية وذلك لضمان أقصى كفاءة. وهنا أيضا يكون من الضروري إجراء دراسات وقياسات مسبقة للتعرف بشكل جيد على تلك الأماكن.

في الأعوام الأخيرة تم إعداد أجهزة لتنظيم الرطوبة النسبية في دواليب العرض الزجاجية (Lafontaine, 1984b; Michalski, 1985a)، وتقوم نظرية عملها على وجود وحدة تنظيم (module de régulation) متصلة بعدة أحجام محكمة الغلق. (شكلي ٩ و١٠). وهذا الجهاز لا يتطلب منشأة مكلفة أو شديدة التعقيد فهو:

- يستلزم وحدة تنظيم تحتوي على فلاتر، ومُرطب ومُجفف وآلة هواء مدفوع؛
- شبكة من المواسير تربط الوحدات المختلفة مع وحدة التنظيم؛
- أحجام مُحكمة بشكل كافي لعدم نفاذ الهواء.



شكل ٩. رسم تخطيطي لوحدة التنظيم لدواليب العرض الزجاجية. (١) دخول الهواء المراد معالجته، مُرشح (فلتر) للاتربة، (٢) سربنتينة تبريد خاصة بمزيل الرطوبة، (٣) آلة دفع هواء، (٤) مُرطب بالتبخير، (٥) مُبادل حراري، (٦) مادة ماصة من جل السيلكا في المبادل الحراري، (٧) مُرطب hygrostat، (٨) مُرشح (فلتر) يعمل بالإهتزاز (C) كباس (كمبرسور)؛ الأسهم السوداء تمثل تيار الهواء المراد تكييفه والأسهم البيضاء تمثل الهواء الجوي الذي يتم تقليبه بواسطة المروحتين.



شكل ١٠. نظام لتنظيم الرطوبة في دواليب العرض الزجاجية مع بيان للقطر القياسي لانابيب شبكة توزيع الهواء المكيف. لا يوجد مواسير لاسترجاع الهواء، فالهواء ينساب بشكل مستمر من الدواليب.

يمكن لنا تصور نظام كهذا يناسب التخزين وذلك بتصميم وحدات منفصلة غير مُنفذة مرتبطة بوحدة تنظيم واحدة. وبهذه الطريقة يمكن لنا أن نتحكم في حجم حتى مائة متر مكعب أى ما يقابل حوالي عشرون دولاباً. سيتواءم هذا النظام بالأخص مع المواد العضوية أما بالنسبة للمعادن فيجب اللجوء إلى وسائل أخرى.

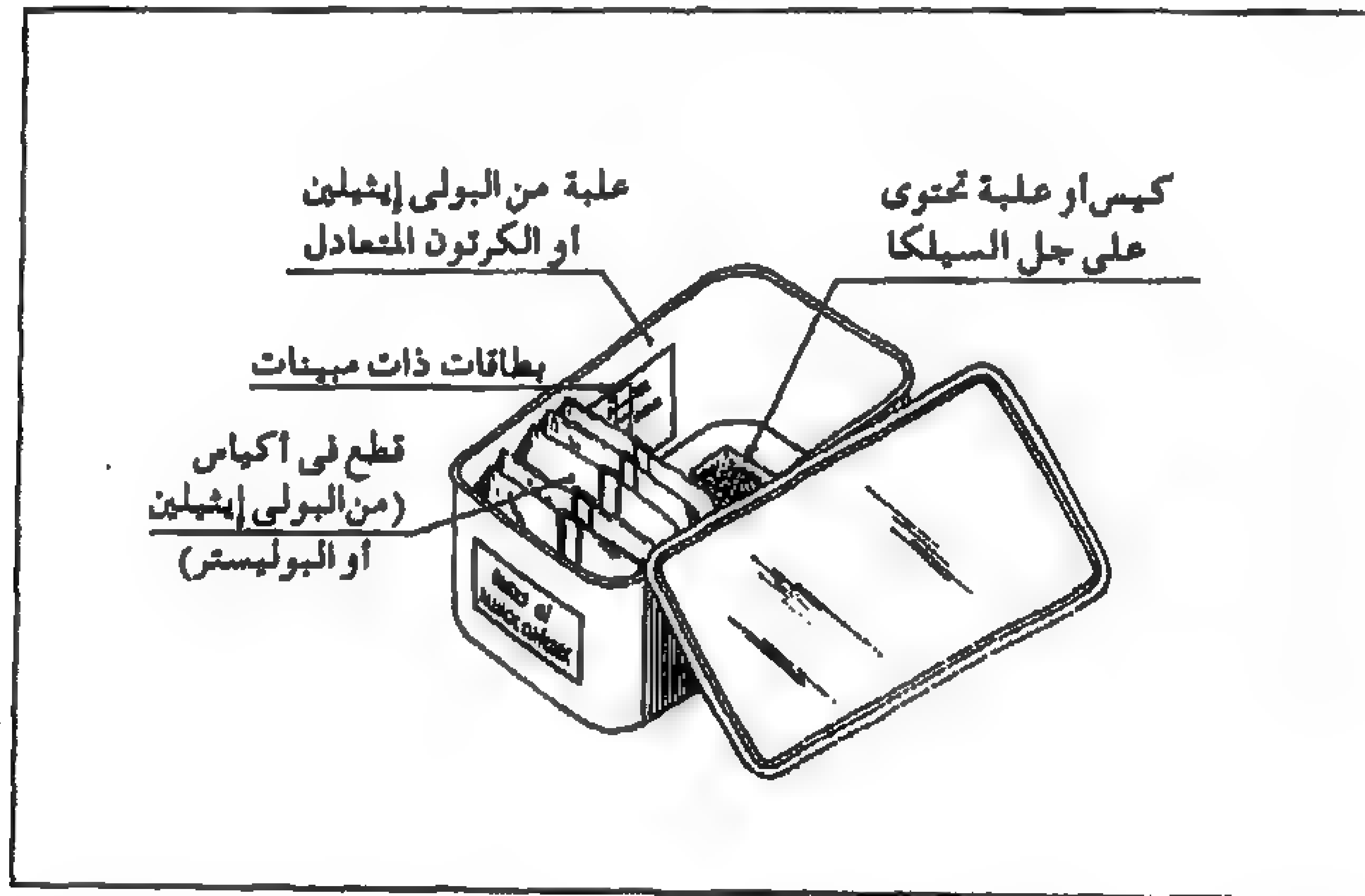
وأكثرهم إثارة للإهتمام، هو جهاز التنظيم بالتسخين، وهو أيضا قد أُعد لدواليب العرض، غير أنه يكون في مقدورنا موائمته بشكل تام مع وحدات التخزين (Lafontaine, 1984b; Parviz Redjali, 1984). وكلما كان الهواء ساخنا كلما إحتوى على بخار الماء. ستتغير الرطوبة النسبية HR إذا بدلالة درجة الحرارة. فعند ارتفاع درجة الحرارة تنخفض الرطوبة النسبية HR، هذا المبدأ أُستفيد منه في الجهاز الذي يعمل بالتسخين: فعند ارتفاع الرطوبة النسبية، يعادل جهاز التدفئة ذلك الإرتفاع. في هذه الطريقة يُستبدل ترموستات نظام التسخين بهيجروستات hygrostat. ويستخدم ذلك الجهاز خاصةً في دواليب العرض الزجاجية؛ ولكن يمكن تعميمه في وحدات للتخزين تكون مُجهزة لاستقباله وفي حالات محددة لحفظ المعادن.

تكييف الوحدات الصغيرة

وهذا يخص الوحدات محكمة الغلق ذات الحجم الصغير: أكياس، أجربة، علب؛ يتم إجراء التنظيم فيها بواسطة مواد ماصة. وأكثر المواد الماصة ملاءمةً هو جل السيلكا (Meyer, 1987). وبما أن الأحجام تكون صغيرة جدا ويسهل الوصول إلى الإحكام في تلك الظروف، فإنه لا يكون هناك إحتياج لتجديد جل السيلكا بصفة دورية. علاوة على أن الكميات محل التعامل تكون صغيرة. وبما أن جل السيلكا غير ضار فذلك يسمح بتركه في وسط محصور. تُحفظ المعادن مع جل ذو دليل ملون يسمح لنا بأن نتبين الوقت اللازم لإجراء الإحياء بشكل سريع. لا يكون من الضروري استخدام الجل ذو الدليل للمواد العضوية، ولكن يجب وضع هيجروميتر أو شرائط ذات دليل لتحديد متى يجب إعادة إحياء الجل.

يجب أن تتكون الوحدات من مواد غير ضارة: البولي إثيلين غير الملون (من نوع tupower) أو الكرتون بدون حامض وبالنسبة للرصاص يكون من الأفضل استخدام معدن (علب معدنية مثل العلب المستخدمة لحفظ البسكويت). توضع كل قطعة على حدة في جراب من البلاستيك (بولي إثيلين أو بوليستر مثل الميلار). توضع المواد الماصة في أكياس من مواد غير منسوجة، أو من النايلون، يكون القماش البوليستر المستخدم في الطبع على الخشب والمقاوم للحرارة والمُنفذ من أكثرها مواءمة، فهو يسمح بإعادة إحياء چل السيلكا مباشرة بدون إخراجه من الكيس (Watkinson, 1987, p. 18). (شكل ١١)

يتم تعبئة القطع الحساسة من الناحية الميكانيكية كل على حدة باستخدام مواد سند من رغاوي البولي إثيلين (Pye, 1984).



شكل ١١. نموذج لعلبة تخزين لقطع معدنية اوعضوية صغيرة: مكون من علبة من البولي إثيلين غير الملون، غطاء محكم، چل السيلكا في اكياس او علب ذات ثقوب، اجربة تحتوي على القطع (منفذة بالنسبة للهواء الموجود في العلبة)، بطاقة ذات دليل ملون للرطوبة، بطاقة لاصقة تبين محتويات العلبة.

الطريقة	المزايا	العيوب
(ا) طرق ميكانيكية - تكييف عام - دواليب مكيفة	نظام شامل - امكانية استقرار الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة - التحكم في التلوث - الراحة	- تركيبة معقدة - غير انتقالية - صيانة مكلفة - احتمال تعطل قد يؤدي إلى توقف عام للتكييف
(ب) طرق ميكانيكية - اجهزة إزالة الرطوبة - اجهزة ترطيب - وحدات تنظيم	نظام انتقالي - مرونة في الاستخدام - تركيبة بسيطة - قابل للتطويع حسب الاحتياج	صيانة دورية لاجهزة لحد ما كثيرة - خطورة التلوث الميكروبي
(جـ) طرق غير ميكانيكية - مواد ماصة: جل السيلكا، صلصال محلول ملحي	نظام شديد الإنتقاء - يتوافق مع أي حجم - اقل قدر من التركيبات	- التعامل مع مواد للاحياء - ان يكون لدينا احجام محكمة - تقتصر على الأحجام الصغيرة اقل من متر مكعب

جدول ٧. مقارنة لطرق التخزين المختلفة:
ا- تكييف لمجمل مكان التخزين؛
ب- تكييف وحدات كبيرة؛
جـ- تكييف وحدات صغيرة.

علم الآثار القديمة (الأركيولوجيا) في شتى صوره

التقدم المذهل للتظاهرات الثقافية، الميل العام «لأشياء» من الماضي، الكشف لجمهور واسع عن تراث كان بالنسبة لهم متروك، كل ذلك قد أدى لتنقل متزايد للمقتنيات الثقافية ولإنتشار المعارض (Wangermee, 1988).

هذا الجزء يطمح إلى بيان مختصر، للوسائل والطرق اللازمة لإجراء التعامل، والنقل والعرض للقطع الاثرية مع احترام الأسس التي تم تقريرها في الجزء الأول.

فالعرض غالبا ما يستلزم الجمع في مكان كائنا ما كان لقطع كانت مبعثرة في عدة أماكن. قبل عرض تلك القطع فهي يجب عليها أن تخضع لمعاملات ما، وتقطع مسافات قصرت أو طالت في ظروف مناخية شديدة الإختلاف،

وخلال ذلك الإرتحال تتعرض القطع لكل أنواع المخاطر، الميكانيكية، والمناخية، والبيولوجية والتي يجب أن نحد منها أو نلغيها بإتباع قواعد دقيقة.

التعامل مع القطع

التعامل مع القطعة ذات الصبغة الثقافية لا يمكن الخلط بينه وبين التعامل مع القطع القادمة من الحياة اليومية، ولا تفلت أية قطعة من القيام بالتعامل معها، وكلما كانت القطع نادرة وثمينة كلما تعرضت للنقل وللإمساك بها وقلبها وجسها.

الإحتياطات والوسائل

إلى جانب أنه يجب الإمساك بالقطعة من الجزء الذي يمكن أن يقاوم الإجهادات الميكانيكية، فإن تقدير الوزن والهشاشة العامة لمادة القطعة يكون ضروريا قبل إجراء أى نقل لها. المسار الذي تسلكه القطعة داخل المخزن أو المتحف سيتم تحديده وسنقوم بتزويد العبوة الحاملة للقطعة أثناء النقل بالحشوات والمساند (Pugh, 1978, p. 25)، سيتم التعامل مع القطع الصغيرة بوضعها في أحواض أو على ألواح «مُنجدة» (كابيتونيه)، وهى يجب أن تكون دائماً في متناول اليد استعداداً لأي ظرف وبكميات كافية تمكننا من استعمالها بشكل دائم ومتكرر، وبنفس الطريقة سنجهز عربات ذات عجل أو ألواح تحميل قابلة للرفع (باليتة) للقطع ذات المقاسات الكبيرة والثقيلة.

سيكون من مصلحتنا تسهيل تداول القطع من بداية تخزينها، وعلى الأخص للمجموعات الكبيرة المنقب عنها في الحفريات، التي تلزم منا القيام بإعادة ترتيب لها بشكل متكرر. ويمكن لنا تبسيط وإختصار العمليات باستعمال أحواض بلاستيكية من النوع المستخدم في الصناعة من البولي إيثيلين وترص المقاسات القياسية المختلفة فوق بعضها، بحيث تكون ملائمة لكافة أنظمة التخزين والتداول.

قبل إخراج أية قطعة من المخزن أو من دولاب العرض الزجاجي يجب التأكد أن الفارق في الرطوبة النسبية بين المكانين لا يتعدى ٧ ٪، وإذا كانت مرتفعة عن تلك القيمة فيجب أقلمة القطعة وتجنب الفروق العنيفة في درجات الحرارة والتي تؤدى الى حدوث تكثيف على القطعة أو في أغلفة الأغشية المُحكمة من البولي إثيلين.

التغليف

لا يمكن تصور نقل قطعة بدون حماية لها. فعلى حسب طبيعة ذلك النقل، يكون أهمية الغلاف الواقي، ولكن دوره سيكون لا غنى عنه: ويعتبر إمتداد للمخزن، ويعني هذا أنه وعاء مغلق تسود فيه ظروف مواتية للحفظ ولا تصل إليه الصدمات الفعلية أو المناخية.

سيتم تدوين ظروف النقل في ملف خاص يفتح لكل قطعة على حدة، ويتضمن صورة فوتوغرافية لها قبل التغليف، ووصف للتغليف، والظروف المناخية الموجودة في المخزن وتلك الواجب توافرها عند عرض القطعة (بعض القطع لا يجب نقلها بسبب هشاشتها أو حساسيتها الفائقة) (Morris, 1987).

يجب أن يتوفر في التغليف الجيد الشروط الآتية:

- الحماية ضد تغيرات الرطوبة النسبية HR ودرجة الحرارة؛
- تشكيل خط دفاع ضد العوامل البيولوجية؛
- مقاومة الصدمات؛
- إمتصاص الذبذبات.

نخبة من المواد الملائمة بشكل خاص للاستعمال كمواد تغليف تتوافر الآن بفضل تجهيز منتجات مناسبة من المواد التخليقية. وتلك المنتجات تكون فعالة على الأخص كمواد حشو، فقدرتها على إمتصاص الذبذبات تكون كبيرة، ولكن باعتبار كونها مادة ماصة للرطوبة فإنها لا يمكن أن تحل محل منتجات مثل الورق أو ألياف الخشب التي يكون وجودها وحده كافياً لتنظيم الرطوبة النسبية HR في الأواني المغلقة.

المادة	امتصاص الصدمات	تذرية	ظواهر ضارة	امتصاص الرطوبة	مقاومة الفطريات
قطن سليلوز	ممتاز	مهم	لا شئ	متغير	ضعيفة
فل	جيد	خفيف	لا شئ	ضعيفة	جيدة
الياف الخشب	ممتاز	مهم جداً	مهم	قوي	ضعيفة
الياف البوليستر	ممتاز	لا توجد	لا شئ	خفيف	جيدة
حبيبات من البوليستر المتمدد	ممتاز	خفيف	لا شئ	ضعيفة	جيدة
قصاصات ورق	ممتاز	مهم جداً	مهم	شديدة	ضعيفة
غشاء من البولي إيثيلين ذو فقاقيع	ممتاز	لا توجد	لا شئ	لا شئ	ممتازة
رغاوي البولي إيثيلين	ممتاز	خفيف	لا شئ	ضعيف	جيدة
رغاوي البروبلين	ممتاز	خفيف	لا شئ	لا شئ	جيدة
رغاوي البوليستيرين	ممتاز	خفيف	لا شئ	خفيف	جيدة
رغاوي البولي ريثان	ممتاز	متوسط الشدة	مشكوك فيه	ضعيفة	جيدة
كاوتشوك رغاوي	جيد	خفيف	خفيف	مهم	ضعيفة
رغاوي بولي كلوريد الفينيل	جيد	لا توجد	خفيف	مهم	جيدة

جدول رقم ٨. جدول مقارن لمختلف مواد الحشو.

في الواقع يكون الجمع بين اثنين من المنتجات من الأمور المرجوة في حالة ما إذا كنا نبحث عن مستوى متوسط من الرطوبة النسبية (٥٥ ٪) وإمتصاص جيد للصدمات: بالنسبة للنقل يكون من المفضل ضمان الحماية الجيدة ضد الصدمات في المقام الأول، حتى وإن كان هذا باستخدام مواد حامضية، وهذا يكون أفضل من المخاطرة بالنقل باستخدام مواد حماية سيئة.

عند تصميم عبوة التغليف يجب أن نكون واعين لبعض الأسس:

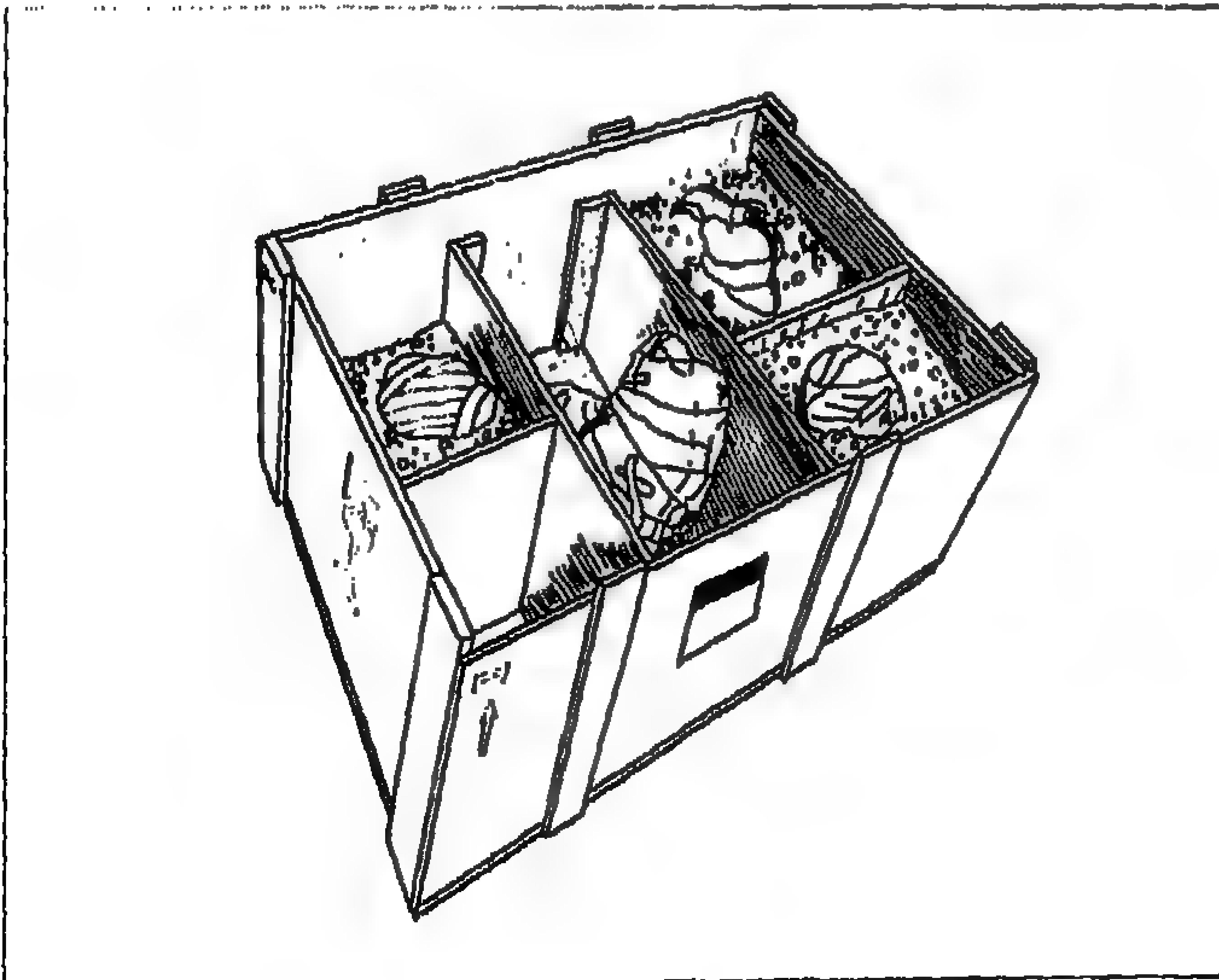
- تجنب حركة القطعة داخل عبوة التغليف خلال تداولها مما يستلزم وضع سواند؛
- تجنب أية إحتكاكات يمكن أن يتسبب عنها حت أو تجريح، يجب إذا حماية القطعة في غلاف (ورق مُحرر، ميلار،...)؛

- تجنب ظواهر التكثيف، مما يستتبع استعمال مواد قادرة على إمتصاص بخار الماء الزائد عن الحد؛

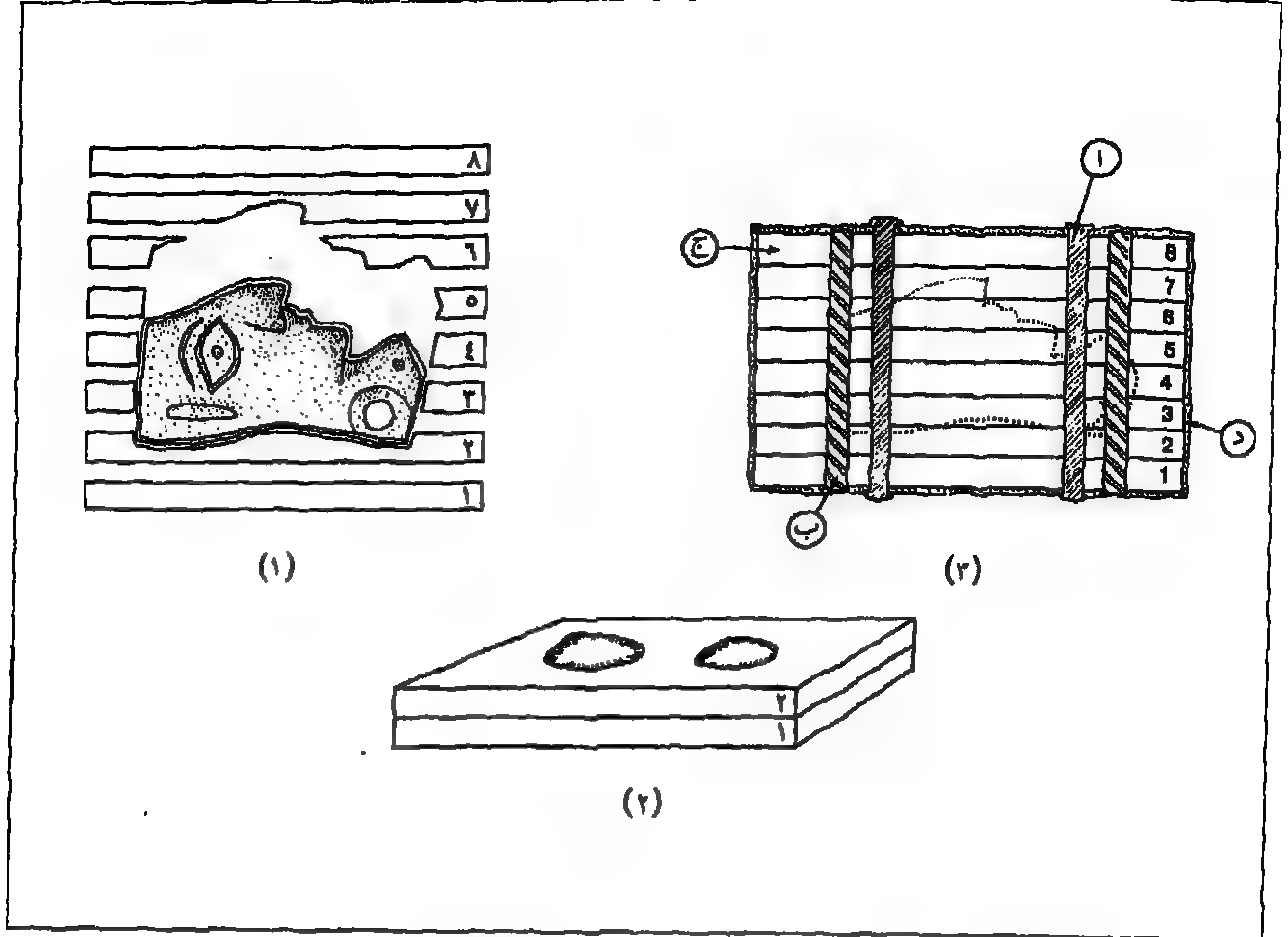
- طريقة التغليف، تكون أبسط ما يمكن مع توفير الحماية الفعالة حتى تُسهل من عملية فتح وإفراغ عبوات التغليف والقيام بإعادة التغليف في نفس الظروف التي كنا عليها في البداية.

كانت المواد التقليدية المستخدمة في حشو الفراغات في السابق من الخشب، أو الكرتون، أو نشارة الخشب، أو القش، أما اليوم فقد توفرت مواد أخرى، أقل وزنا وأكثر احتمالاً، فيستعمل لجوانب الصندوق الخشب الكونتر، والمضغوط، ولمواد الحشو رغاوى البولي إثيلين، أو البوليستر المتمدد.

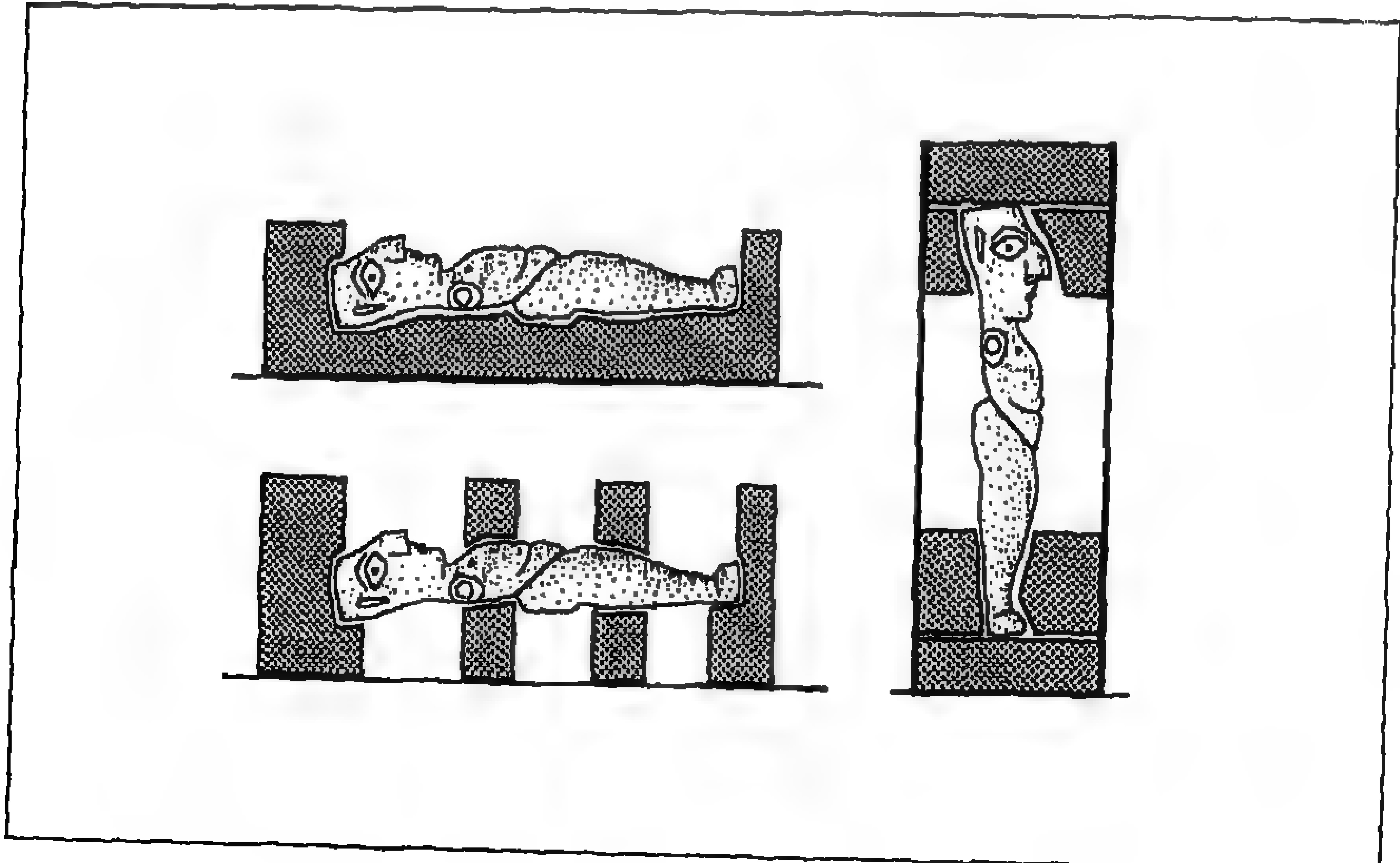
سَند القطع داخل الصندوق هو من الأمور الأساسية لأنه لا يجب أن تلامس أية قطعة حوائط الصندوق، وإذا كان الصندوق سيتلقي العديد من القطع فإنها تُعزل عن بعضها، سواء عن طريق حواجز أو باستخدام مواد حشو تكون القطع بداخلها «كالمُعلقة» (باستخدام مواد سند خاصة من البوليسترين المتمدد). القطع الحساسة بشكل خاص سيتم وضعها في داخل فجوات مقسمة على حسب مقاساتها بالضبط بواسطة شرائح من البوليسترين أو البوليرتان (Pugh, 1978; Stolow, 1987, p. 92) (أشكال ١٢و١٣ و١٤).



شكل ١٢. تغليف لعدد من القطع في نفس الصندوق.



شكل ١٣. طريقة التعبئة باستخدام ألواح من الرغاوي للقطع الصغيرة
(١) موضع القطعة قبل احاطتها بألواح الرغاوي (٢) اللوحان الأولان ويظهر الشكل المجوف للقطعة
(٣) تجميع العناصر (ا) رابط خارجي (ب) رابط داخلي يجمع الألواح فيما بينها (ج) ألواح رغاوي
(د) غلاف واقي خارجي مكون من غشاء من البوليرتان.



شكل ١٤. طرق مختلفة لضمان ثبات القطعة داخل علبة.

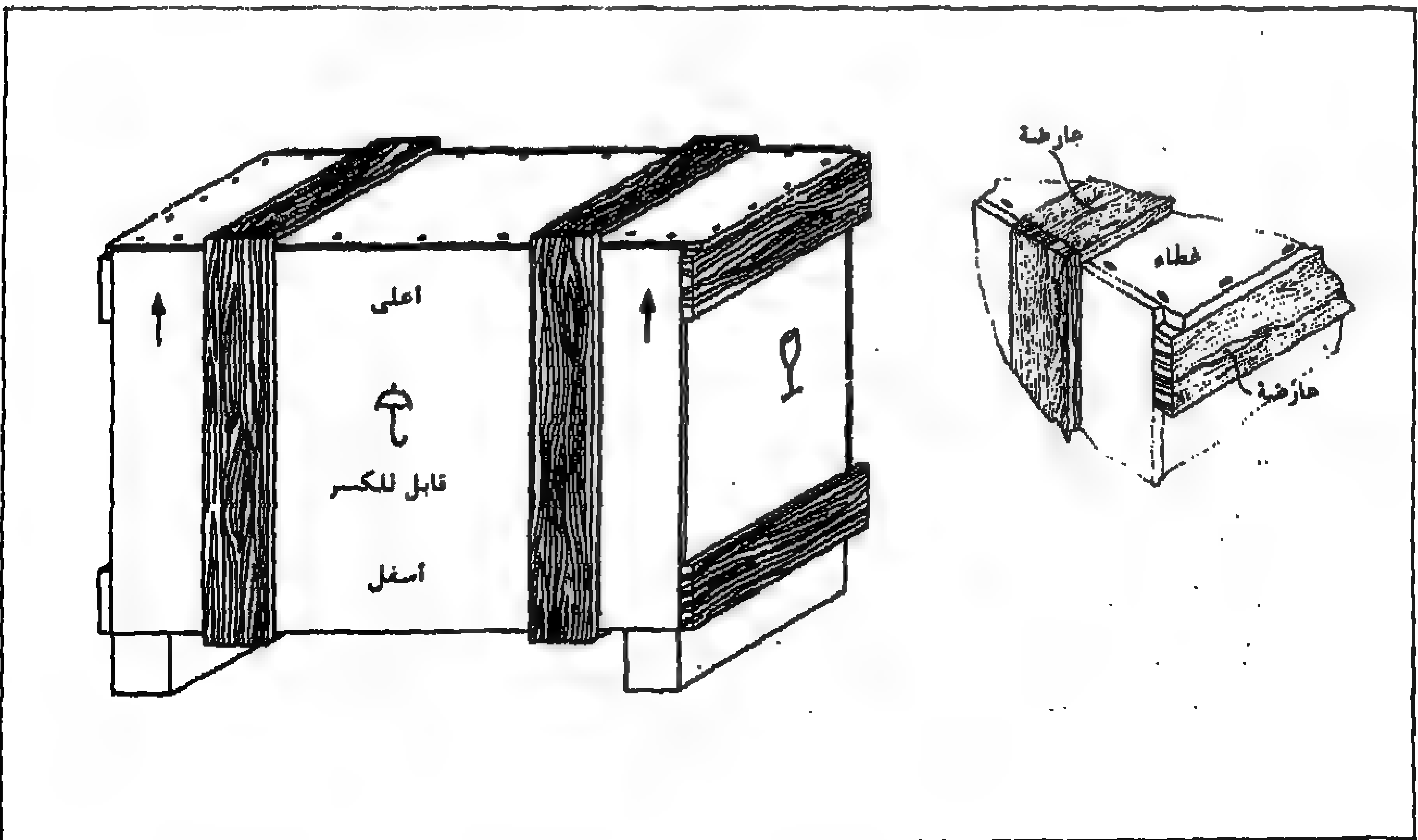
يجب أن يتوافق تصميم التغليف مع الطبيعة الخاصة للقطع المطلوب نقلها ومع كيفية النقل. في حالة النقل بعيد المدى باستخدام الشاحنات أو القطارات أو الطائرات، سنستغنى عن صناديق الكرتون لنستخدم بدلا منها صناديق من الخشب الطبيعي، أو الخشب الكونتر أو الخشب المضغوط المدعم بشرائح خشبية أكثر سمكا، أو بأشرطة معدنية توزع الصدمات بشكل متساو على كل السطح (شكل ١٥).

لا يتم تسمير الغطاء بالمسامير العادية ولكن بالمسامير القلاووظ، وذلك لتجنب الضرب بالشاكوش عند فتح وغلق الصناديق (شكل ١٦).

بالنسبة للقطع الثقيلة والهشة، ستُستخدم ماصات للصدمات في العبوات. لعمل هذا سنستخدم عبوة ذات غلاف مزدوج مكونة كالآتي:

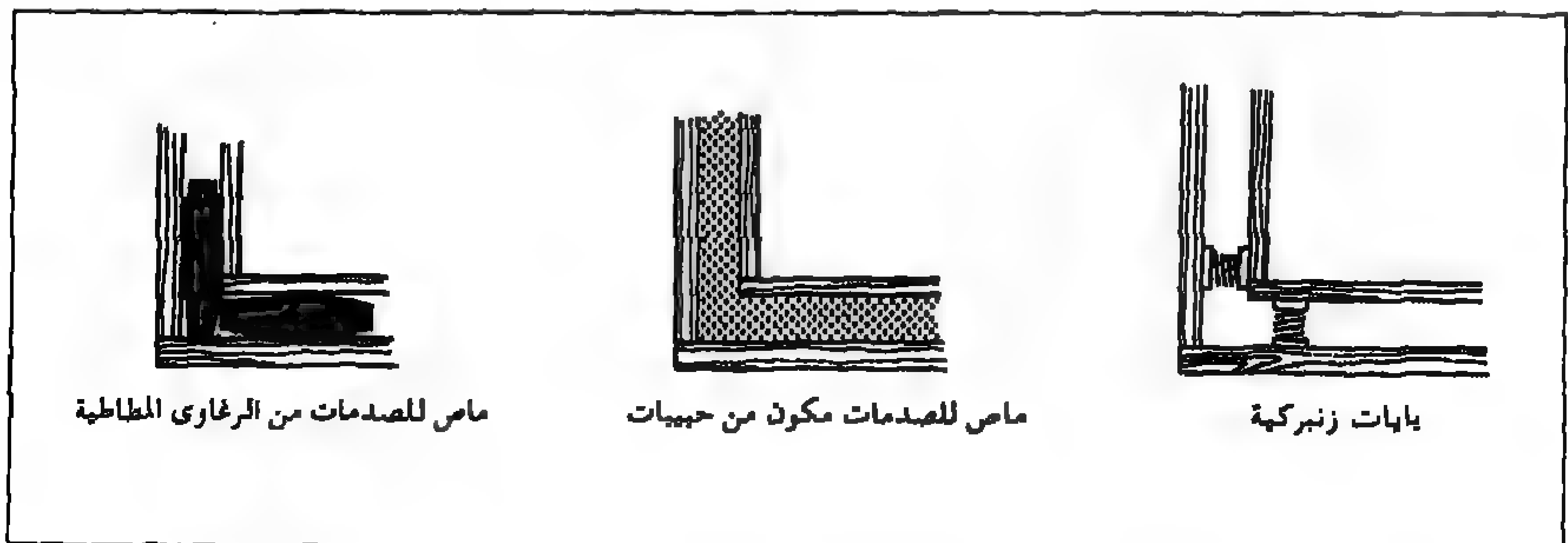
- يتم وضع القطعة في الغلاف الأول مع مواد حشو (وهذا يشكل الغلاف الداخلي)؛

- في الغلاف الثاني (الغلاف الخارجي) والذي يكون أكبر من الأول يتم وضع الصندوق الأول، ويشغل ماص الصدمات الفراغ بين الصندوقين: ويكون على هيئة سيور أو قطع ماصة للصدمات من الكاوتشوك، أو يايات أو حبيبات من مواد بلاستيكية (شكل ١٧).



شكل ١٥. طرازات مختلفة من الصناديق الخشبية.

شكل ١٦. انظمة غلق ا- مسمار قلاووظ بسيط، ب- مسمار قلاووظ مع قطعة معدنية مقلوظة، جـ- غطاء صندوق من نوع «بيت الضفادع».



شكل ١٧. أنواع مختلفة من ماصات الصدمات.

سيتم تزويد الصناديق ذات المقاس الكبير بأيدي أو عجلات، وستجهز بقطعتين من الخشب ترفعهم عن الأرض مما يسمح برفعهم بواسطة ونش الشوكة، وكذلك عزلهم عن الأرضية الرطبة. ستبين علامات توضيحية خارجية، إتجاه الفتح، وإحتياطات التداول، والوزن والجهة المُرسلة إليها، وتطبع فيما حول الصندوق ويستعمل فيها الرموز التقليدية.

توجد الكثير من الأسباب للإحتراس من أكياس أو شرائح البولي إثيلين الملاصقة بشكل مباشر للقطع. لأنه مع التغير العنيف لدرجة الحرارة يمكن للتكثف ان ينشأ. ولنفس الأسباب وحتى نتجنب صدمة مناخية عند فتح الصناديق فإنها لا يجب أبدا أن تُفض بشكل فوري، ولكنها يجب أن تترك لمدة يوم أو يومين في مكان العرض أو التخزين.

المعارض، ودواليب العرض الزجاجية

تتعرض القطع بالفعل للكثير من المخاطر أثناء المعارض. لن نتعرض هنا لعمل ملزمة شاملة للاجراءات المتبعة في المعارض (Bachman، بدون تاريخ) ولكننا سنعطي القائمين على أماكن التخزين فكرة عن الوسائل المبدئية اللازمة حتى يصبحوا واعين للمخاطر، وليكونوا قادرين على التدخل بشكل يعطي أولوية للحماية اثناء مدة المعرض.

معارض مستديمة أو مؤقتة: المخاطر

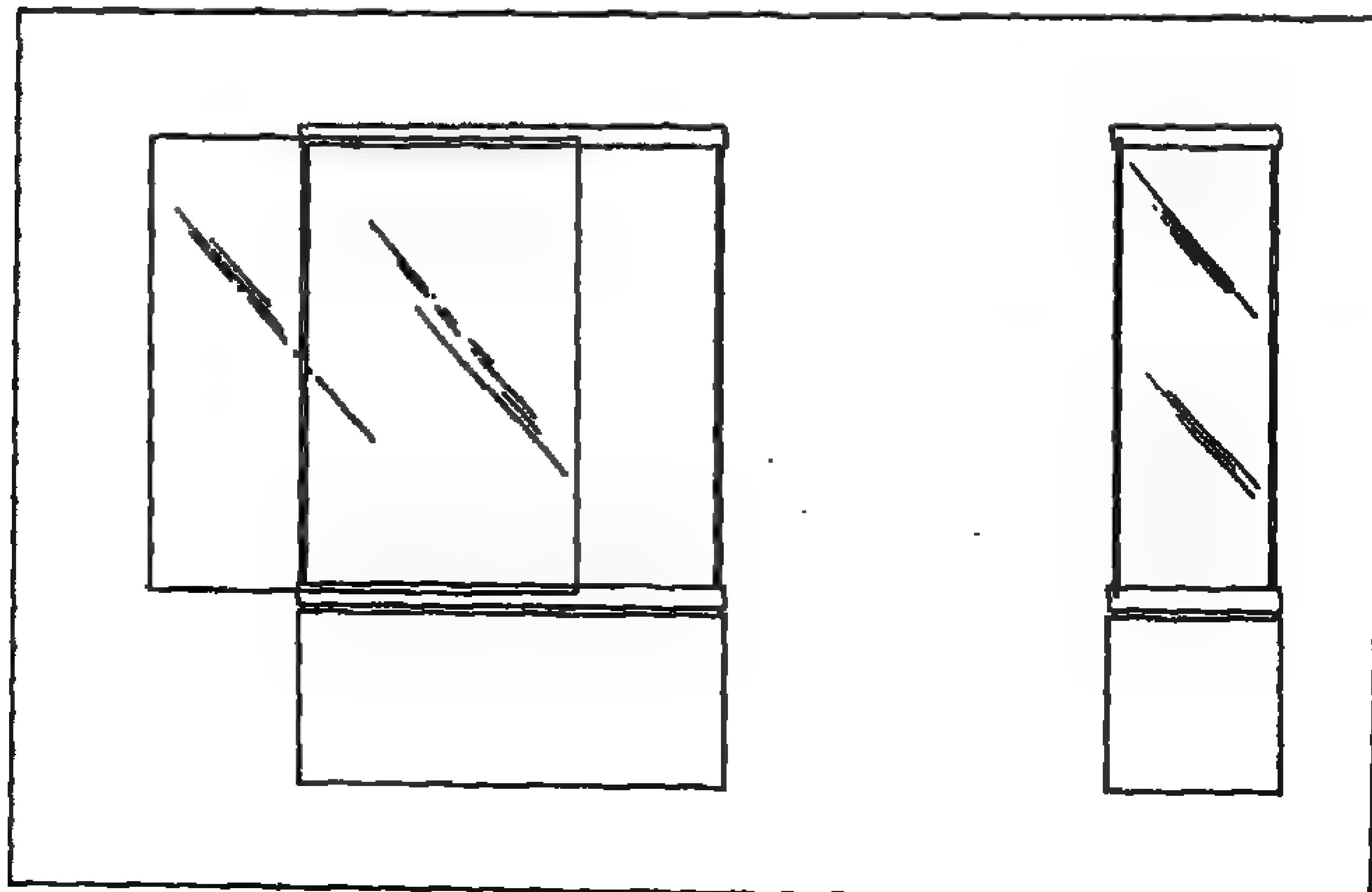
تظهر أكبر المخاطر أثناء المعارض المؤقتة. فعند عرض قطعة لسنوات عديدة، يكون في الإمكان تبرير الاستثمارات المنفقة لإعداد التكوينات المناسبة، ولكن في حالة العرض المؤقت فإنه يكون من الصعوبة إقرار تلك النفقات. ويتضح ذلك من كوننا على المدى القصير لا نعي التدهور الذي تتعرض له القطع المعروضة في ظروف حفظ سيئة. فبالنسبة للمعرض المؤقت لا يتم إقامته أو فكه من دون إحداث ضجة: فالتداول، والتعبئة سُيهمل في إجرائهما، وخصوصا أن ذلك يتم في آخر وقت، بشكل مضطرب مع

حمى الساعات الأخيرة التي تسبق الإفتتاح. وقد نضحى طواعية بمستقبل القطعة من أجل المظاهر الزائلة للمعرض.

الحل الذي يأخذ طريقه إلى التعميم للإقلال من تلك المخاطر هو دواليب العرض الزجاجية المحكمة الغلق. ونعني بمحكمة الغلق كون الحجم معزول بشكل كافي لتأخير أو خفض التبادلات الغازية بين خارج وداخل دولاب العرض (Cassar, 1985a)، مع كونه قادرا على تحقيق تأمين جيد ضد السرقة والتخريب.

دولاب العرض الزجاجي المثالي

يتوفر العديد من نماذج دواليب العرض الزجاجية (فترينة) في الأسواق، والقليل منها ما يُعني بالإشتراطات المتحفية، العيب الأكثر شيوعا الملاحظ عليها هو نقص الإحكام، مما ينتج عنه فقدان لوظيفتين أساسيتين: الحماية من الأتربة، والتحكم في الرطوبة النسبية HR. في الغالب تتكون تلك الدواليب من ضلفتين منزلقتين مما يترك «تنوير» في مكان تلاقيهما. ونفضل على هذه النماذج تلك التي لها مفصلات أو التي تنزلق الواجهة الزجاجية لها على شكل قطعة واحدة، مع وجود حشوات للإحكام من الجوخ أو الكاوتشوك الطري élastomère (Ramer, 1984; Selzer, 1985) (شكل ١٨).

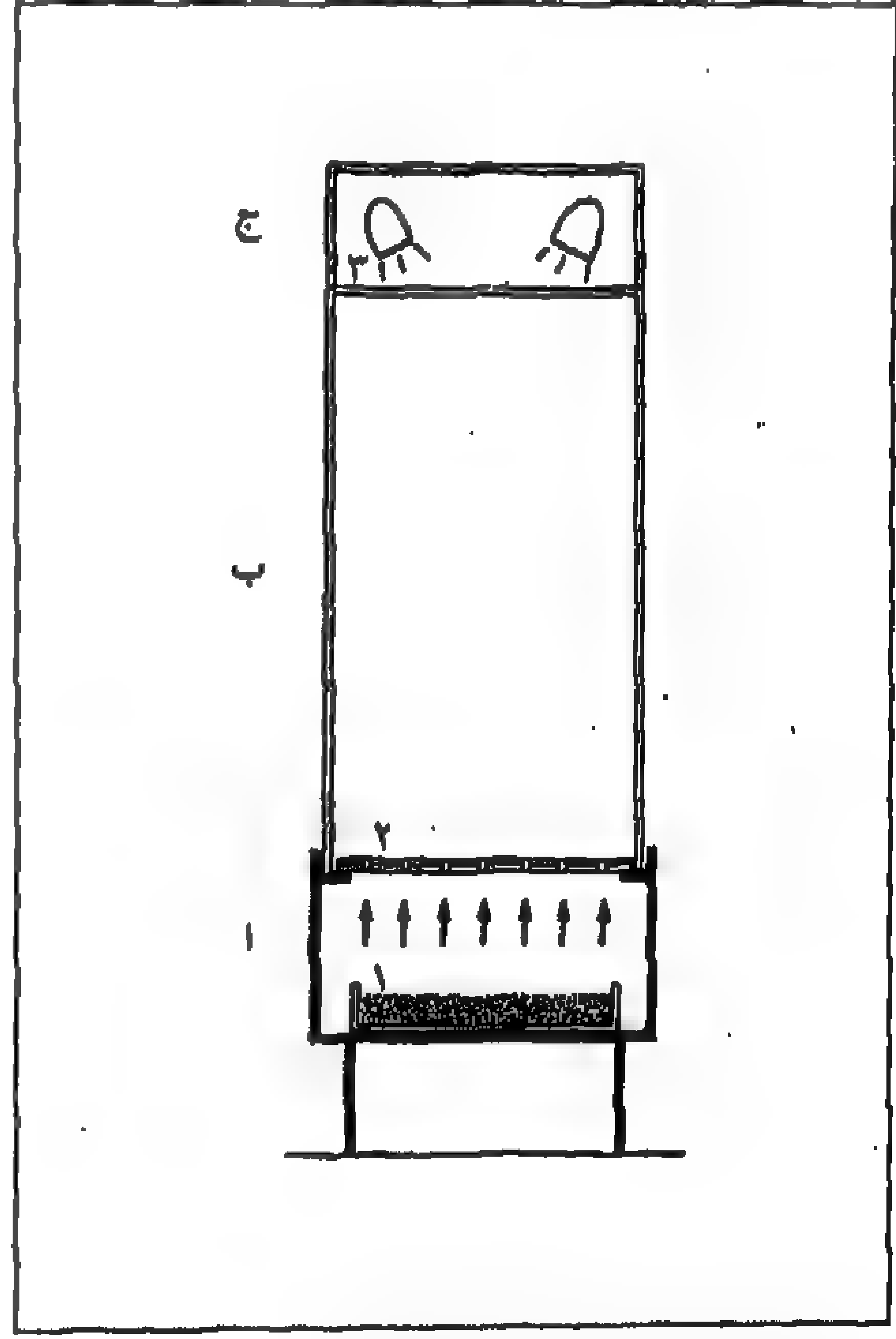


شكل ١٨. دولاب عرض زجاجي ذو ضلفة باب محكمة.

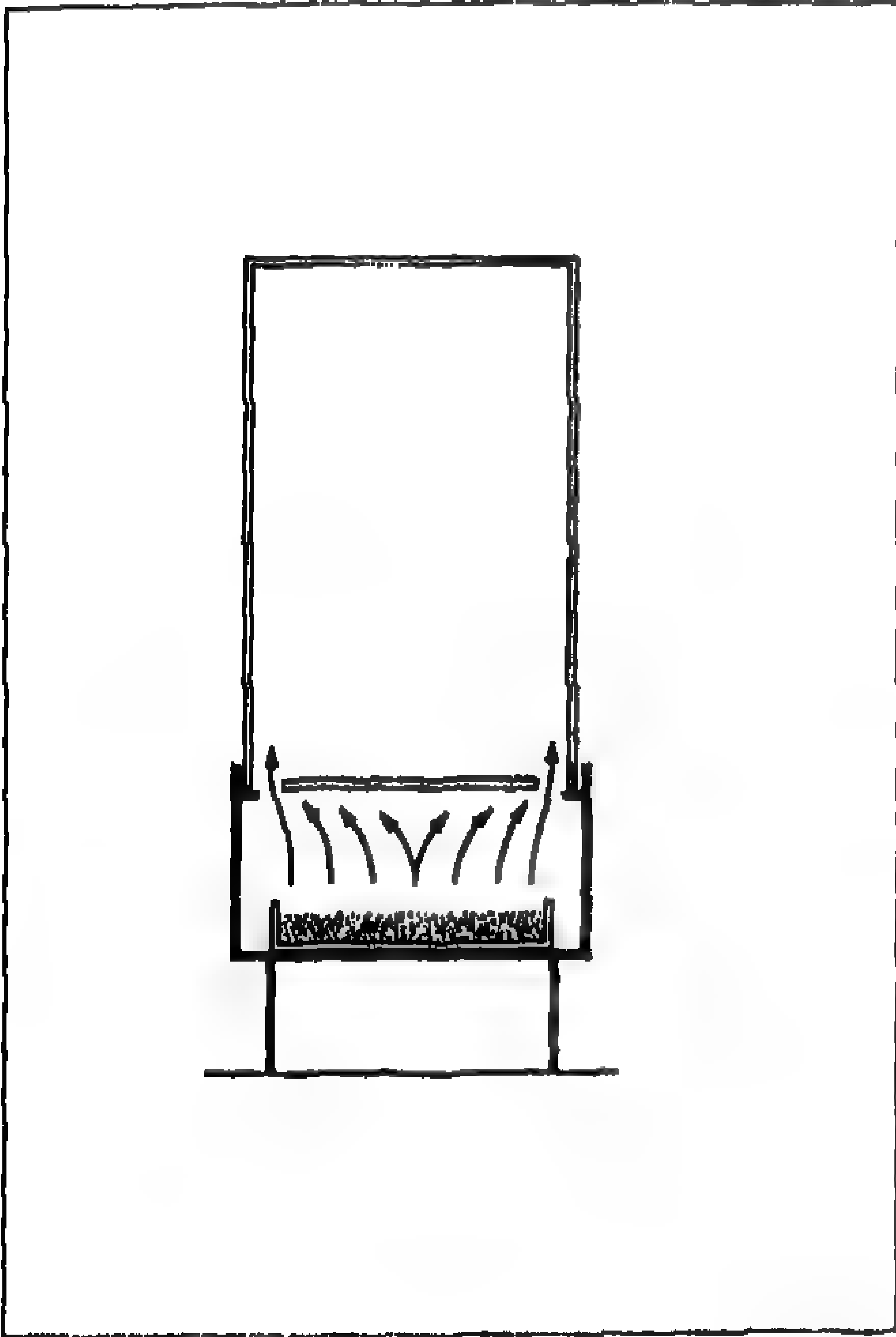
يمكن لنا أن نقسم دواليب العرض الى ثلاثة عناصر (شكلي ١٩ و٢٠):

– الجزء الأسفل يجب أن يكون قادراً على استقبال الأحواض المحتوية على المواد الماصة وأن يكون سهل الوصول إليه للتمكين من تداول هذه المواد. على أن يكون كذلك على إتصال وثيق بالهواء الموجود في الجزء المخصص للعرض ولكن معزول عن الخارج؛

– الجزء الأوسط يكون مخصصاً لعرض القطع. حتى نحصل على سريان جيد للهواء بين الجزء الأسفل والجزء المخصص للعرض فإن القاع يكون غير مُصمت (شبَك سلك، فتحات، خروم عرضية) ومغطى بحشو مُنفذ. سيسمح نظام الفتح بدخول ميسر للأعمال؛



شكل ١٩. الأجزاء الثلاثة لدولاب العرض (ا) الجزء المخصص لاستقبال المواد الماصة (چل السيلكا أوالملح)، (ب) الجزء المخصص للعرض، (ج) الإضاءة، (١) حوض المواد الماصة (٢) شبكة الإتصال بين الجزئين (ا) و(ب)، (٣) زجاج ضد الحرارة و/أو ضد الأشعة فوق البنفسجية UV.



شكل ٢٠. دولاب عرض زجاجي مع سريان هواء على الجوانب.

- الجزء العلوي يمكن له أن يتلقى إضاءة، وسيتم تزويده بمرشحات أو زجاج ضد الحرارة على حسب مصدر الإضاءة، وعلى كل حال سيتم عزله عن المنطقة المخصصة للعرض حتى نسمح بتهوية هذا القطاع.

سنستعين على الأرجح بمصادر ضوئية من التي ينتج عنها أقل قدر ممكن من الحرارة، يجب أن نلاحظ أنه في حالة اللمبات الفلورسنت، وإن كانت اللمبة لا ينتج عنها حرارة فإن «الترانس بلاست» الذي يغذى اللمبة ينتج عنه حرارة: وتبعاً لذلك، يجب وضعه خارج الدولاب. ونفس الملاحظة لمصادر الإضاءة التي تستعمل اللمبات dichroique والتي تطرد الأشعة تحت الحمراء خلف اللمبة: وقد لا يُحدث الشعاع الضوئي أي تسخين ولكن التركيبة المستخدمة للإضاءة ينتج عنها حرارة. وفي كل الحالات فإننا لا نُركب أبدا إضاءة مباشرة في الجزء المخصص للعرض من الدولاب.

قاعدة القطعة

لقد أشرنا مسبقا إلى المبادئ العامة لعمل القاعدة. المواد الأكثر استخداما لعمل القاعدة هى الخشب، والمعدن، وبشكل متزايد الآن البلكسي جلاس، كل تلك المواد تكون جيدة إذا لم تتفاعل مع القطعة، أو إذا أخذنا احتياطنا بعزلها. يكون من عيوب البلكسي جلاس جذبه للأتربة، أما المعدن فيكون عيبه تأكسده والخشب تشكله وتشوهه. فلا توجد إذا مادة مثالية وكل قاعدة يجب تناولها بشكل خصوصي. العرض عن طريق خيوط النايلون يكون أيضا شائعاً ويجب تناوله بحذر، فقد تظهر تشكلات ناتجة عن نقط الربط الموضوعة بشكل خاطئ مما يخلق قوى انضغاط وشد في داخل القطعة.

نستخلص من ذلك أن تصميم قاعدة جيدة سيبدأ بدراسة الإجهادات التي تتعرض لها المواد، على حسب وزنها ومركز ثقلها.

التحكم المناخي داخل دولاب العرض

دولاب العرض المعزول جيدا سيبطئ من التبادلات مع الخارج وبهذا الشكل سيخفض من التغيرات المرطابية. ولكننا يمكن أن نُحسن من أداء دولاب العرض عن طريق استخدام المواد الماصة، سواء أُختيرت ضمن المواد المُكونة لتركيبة الدولاب (خشب، نسيج)، أو وُضعت على شكل مواد أُعدت لهذا الغرض (چل السيلكا، الصلصال، الأملاح) (انظر الجزء المخصص للمواد الماصة).

ونجد أنفسنا أمام حالتين:

– تكون القطع مكونة من مواد عضوية (جلد أو خشب مُجهز أو غير مُجهز، عظم، عاج، نسيج)، وفي هذه الحالة فإنه يلزم رطوبة نسبية HR متوسطة (فيما بين ٤٥ و٦٠ ٪ حسب الحالة)؛

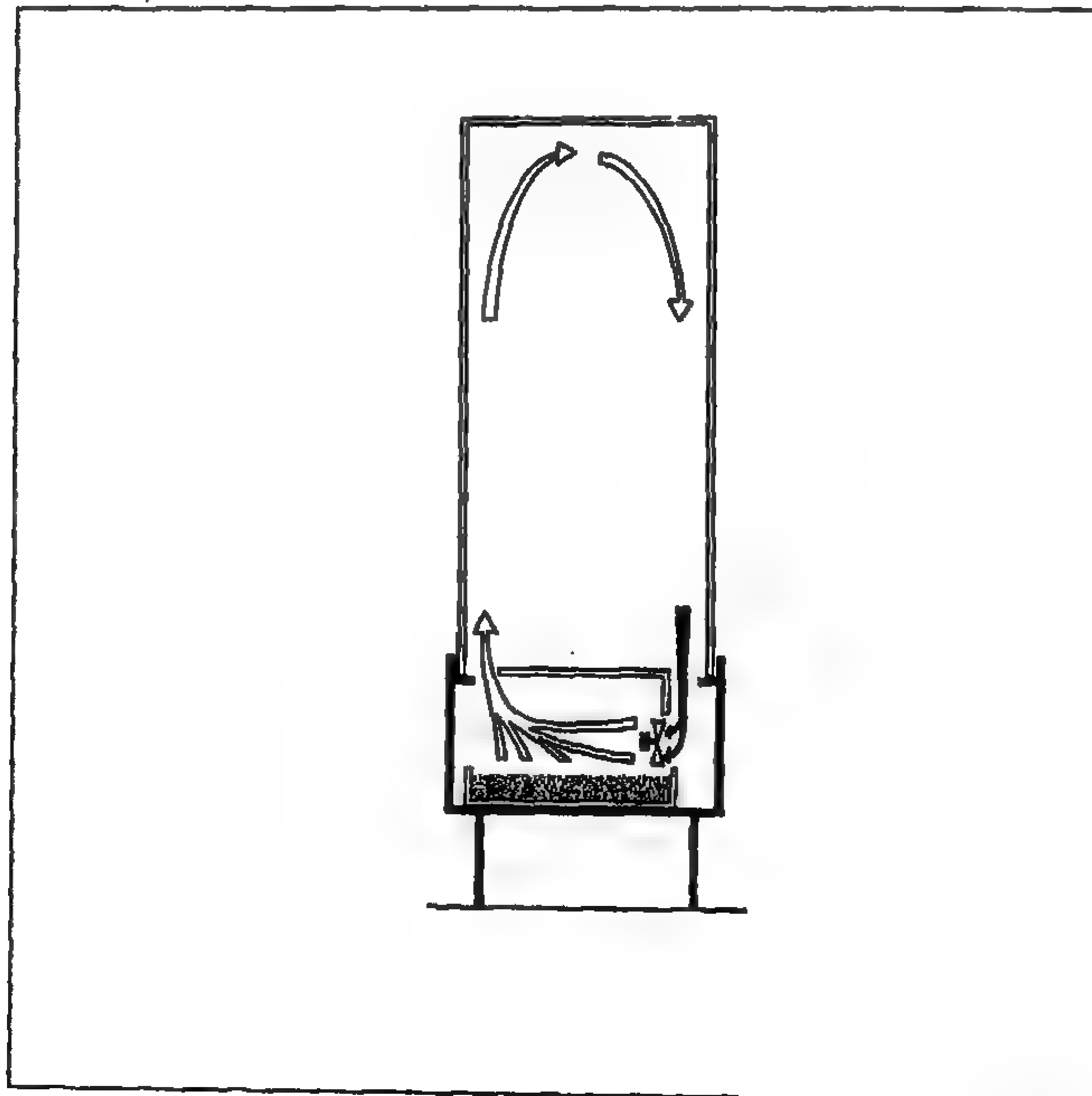
– تكون القطع مكونة من مواد غير عضوية مثل المعادن وفي هذه الحالة يستوجب وجود مناخ جاف (أقل من ٤٥ ٪).

يجب إذا أن يتهيأ دولاب العرض على حسب القطع المعروضة، وفي حدود المستطاع يجب تجنب خلط المواد العضوية وغير العضوية. وإذا كان هذا ضروريا على الرغم من ذلك، فإنه يجب موائمة المناخ مع القطعة الأكثر حساسية إذا تيسر لنا تحديد ذلك: فماذا سنختار فيما بين برونز مُحتوي على الكلور أو زجاج متقشر، وكلا الاثنين يُعتبران من المواد الحساسة بشكل كبير ولكن عند درجات رطوبة مختلفة (Ramer, 1981).

يجب أيضا استبعاد بعض المواد مثل البلوط، وخشب شجرة الكستناء (كستنة) أو الخشب المضغوط والتي يمكن لها أن تهاجم المعادن. و يُبحث ذلك الأمر في حالة إعادة استخدام دواليب العرض القديمة والتي يمكن بعد إجراء تعديلات بها، أن تفي بالاعتبارات المُتحفية الحديثة (Gardner, 1985; Koegh, 1984). يكون تسرب الهواء عبر حشوات الفواصل أو المادة نفسها سبب في تغيرات مرطابية داخل دولاب العرض (Padfield, 1966). أوضحت بعض الدراسات العلاقة الوثيقة بين ذلك التسرب وفقدان الإتزان الحراري

للمادة الماصة (Brimblecombe, 1983). وكلما زاد ذلك التسرب كلما زاد تردد تجديد المادة الماصة. ولذا فمن الضروري إذا تصميم دولاب عرض مُحكم لأقصى درجة ممكنة حتى يسمح بإستقرار الرطوبة النسبية لفترات طويلة (من عدة أشهر لعدة سنوات) (de Guichen, 1985; Thomson, 1977; Weintraub, 1981).

للحصول على تبادل مُرضي لبخار الماء فيما بين الهواء داخل دولاب العرض والمادة الماصة، فإن سطح التلامس لتلك المادة يجب أن يكون أكبر ما يمكن وان تكون الكمية كافية (٢٠ كجم للمتر المكعب، على حسب Thomson, 1977). بالنسبة لبعض دواليب العرض ذات الشكل المرتفع، فإنه يلزم وسيلة ميكانيكية مساعدة لتقليب الهواء وجلبه لكي يلامس المادة الماصة (شكل ٢١).



شكل ٢١. دولاب عرض زجاجي ذو تهوية داخلية.

يمكن لنا أيضا نشر المادة الماصة في سمك رقيق على الجوانب الرأسية الداخلية للدولاب. ويحتاج الأمر هنا إلى تجهيز خاص لجل السيلكا: فيوضع في إطار متحرك بضع وحدات من جل السيلكا يتم تثبيتها خلف شبكة رقيقة، وتتم التبادلات من الجوانب الرأسية للدولاب عبر قماش للتغطية (Ramer, 1984; Stolow, 1978; Rothe, 1985).

عندما يتعدى دولاب العرض ١ م٣، فإنه يتحتم علينا اللجوء الى أنظمة تحكم ميكانيكية، وقد تناولناها في الجزء الأول من هذا الباب: وهي مكونة من وحدة تحكم مرتبطة بعدة دواليب ويكون باستطاعتها التحكم في رطوبة وتجفيف حجم قد يصل الى ١٠٠ م٣ (شكلي ٩ و١٠) (Michalski, 1985 a et b). جهاز كهذا لا يمكن تصوره إلا في حالة العروض الدائمة. ففي المتحف البريطاني British Museum، ومنذ ١٧ عاماً يتم تكييف بعض دواليب العرض عن طريق أجهزة مُخصصة لكل دولاب عرض على حدة (Newey, 1987).

يمكن لنا أيضا التنويه عن دولاب حفظ يعتمد تصميمه على استبدال الهواء بغاز خامل يُبطئ من عمليات التدهور التي يتسبب فيها الأكسوجين الموجود في الهواء، ويستخدم النيتروجين كغاز، يكون هذا الدولاب محكماً بشكل ممتاز فيما يخص الأتربة لأن الضغط فيه يكون أعلى من الضغط الجوي؛ وتضمن طريقة لمعادلة التغير في الضغط الأمان لهذا النظام وأخيرا فإن الرطوبة النسبية HR يتم تثبيتها فيه بواسطة جل السيلكا (Pennec, 1988).

الخاتمة

التنوع الشديد في البيانات المستخدمة الآن في الحفظ الوقائي، يمكن لها أن تقود إلى إيجاد تخصص جديد. ولكن هل يمكن لنا تصور ذلك ؟ مع كل ما أوحى لنا به هذا الباب من إمكاننا التصرف بشكل ذاتي، ألا يقودنا التفكير المنطقي إلى تصور هذا التطور. ويكون هذا راجع إلى طبيعة تلك الخطوة المتداخلة بشكل وثيق مع مجالات الحفظ والترميم الأخرى: والتي تصبغ ذلك التخصص، ومن هنا يجئ تفرده. ولكن حتى إذا كانت الوقاية يجب أن تظهر بشكل تفضيلي في كل عمليات الحفظ، فإنها يجب أن تكون موجودة أيضا في غير عمليات الحفظ الخالصة (يعنى هذا أثناء «الممارسات» في الورش). وفي الواقع فهي تمتد لجميع مجالات التراث الثقافي، ومن هنا يكون الراعون لبقاء القطع المُكتشفة ليس هم فقط الآثاريون (المنقبون، الباحثون، المسئولون عن القطع...) ولكن أيضاً الطالب أو المتدرب أو عالم التاريخ أو منظم المعارض. غير أن توزيع المسئوليات لا يتم بدون حد أدنى من التدريب والإعلام «فالحفظ الوقائي هو مسألة تعليم وطريقة تفكير، وهو أيضاً مسألة «تعاون» collaboration (Naud, 1987)، وعلينا إزالة الكثير من العوائق (الروتين، اللامبالاة، عدم الحذر) قبل الوصول لقبول عامة «المستخدمين» للتراث الثقافي بأهمية الحفاظ préservation.

قد يكون حقيقياً أن بعض الإجراءات يمكن أن تبدو وكأنها مُقيدة للآثاريين مثل: التخزين حسب نوع المادة، استعمال العلب المحكمة، القياس والتحكم الدائم للمناخ، التعاملات المكودة، إلخ...، ولكنه يجب إكتساب عادات جديدة لن تصبح بعد الأخذ بها مُقيدة بشكل أكبر من العادات السابقة. ويمكن للآثاري أن يزدهر في ذلك الإطار، ومع تمكنه من التقنيات المختلفة فإنه يجد العمل الأثري الذي يتبع الحفائر وقد اصبح أيسر: فالقطع تصبح في متناول يده، ويمكن تفحصها في جميع الحالات وفي أفضل ظروف ممكنة وهذا هو الطريق الوحيد لضمان مستقبلها.

الباب الحادي عشر

إدارة المواد الأثرية

نيكول ميير

تناولت الأبواب السابقة الحفظ الأثري وقد كان إعدادها شبه قاصر على القائمين بـ «الحفظ والترميم» conservateurs-restaurateurs الذين كان من وجهة نظرهم أن تلك المهنة تأتي جنبا إلى جنب مع علم الآثار القديمة (الأركيولوچيا) غير أن تدخلها يأتي غالباً بعد الكشف الأثري، ونحن نلجأ إليهم عند وصول المتاع الأثري إلى مرحلة بينة بل نهائية من التغيير، يتحسر الكل عندها لعدم قدرتهم على القيام بالمشاركة في الحفاظ على ذلك المتاع قبل حدوث ذلك. ولذا بدا من الأهمية أن يتضمن ذلك الكتاب زاوية رؤية الآثاري.

المواد الأثرية

حتى نتمكن من تعريف مدى ما تشمله تلك التسمية، سنقوم بالتذكير ببعض أساسيات المنطق الأثري. قد قامت بعض الأعمال المنشورة بتفصيل وشرح ذلك المسلك الفكري بإستفاضة (Bouard, 1975; Möberg, 1976; Gardin, 1979; Schnapp, 1980; Gallay, 1986)، وليس القصد هنا إستعادة ما قد سبق كتابته وعبر عنه الآخرون بشكل واضح.

إن الكشف عن المتاع أو الشواهد الأثرية لا يشكل مقصداً بحد ذاته ولكن يعد وسيلة، وأداة للمعرفة، ويكون شاهداً على الأحداث التي مرت

عليه ولكنه قد لا يعكس إلا صورة واهنة من الحقيقة. وعلى هذا يكون دور الآثاري، من منظور هذا «الطمس الزمني»، يتعلق «بإعادة إقامة الروابط التي تصل فيما بين مختلف الشواهد الأثرية في المكان والزمان» (Gallay, 1986, p. 145-146).

المتاع (المنقولات)، أم العقار؟ البنية، أم عناصر البنية؟

علم الآثار القديمة (الأركيولوجيا) هو [....] تفسير للعلامات المتروكة، من وجهة نظر تاريخ الإنسان. اي بحث أثري يلزمه ركائز من نوعين:

- يجب أن نتسآل عن البشر؛
- يجب أن يكون لدينا بقايا أو علامات تخص هؤلاء البشر (Möberg, 1976, p. 171-172).

تلك العلامات «أو تلك الشواهد التي يمكن أن نطلق عليها الذاكرة المادية للشعوب» (Gallay, 1986, p. 162)، عندما تكون مرئية ومحسوسة، يتم تصنيفها عموماً تحت العلامة المميزة: «المقتنيات الثقافية» (انظر الباب الأول).

«من وجهة النظر المنهجية، فإنه لا يوجد فرق جوهري فيما بين الشواهد النقالة (القطع)، والنُصب المبنية (صروح، إنشاءات)، (Möberg, 1976, p.39-40)، وكلا الاثنين بالفعل يعتبران حاملين لمقدرة إعلامية بنفس القدر.

فالتكوينات تأخذ إحدى صورتين، واحدة منها مادية عبارة عن تكوينات مُشيدة (جدران، أرضيات، شوارع، إلخ...)، والتي تتنوع مواد البناء بها (حجارة، خشب، جبس، طينة، حديد، إلخ...)، والثانية غير مادية عبارة عن تكوينات محفورة (قاع كوخ، حفرة لحفظ الغلال، خندق، إلخ...) وهي تُسجل على شكل علامة سالبة (نيجاتيف) في التربة ولا تكتسب الشكل المادي إلا في مرحلة ثانية من وجودها، الا وهي إشغالها، أو في مرحلة ثالثة الا وهي تركها. هذا التفريق يأتي بالفعل من كون بعض التكوينات المادية، ربما قد يقدر لها أن تُحفظ، على حسب أهميتها،

وتكون محل برنامج للحماية (انظر الباب التاسع). أما التكوينات الأخرى غير المادية، والتي سريعاً ما تُدمر بغرض استكمال التنقيب بعد القيام بالتسجيل والرفع المساحي والتصوير الفوتوغرافي، ففي رؤية مُتحفية أو علمية بحتة يكون من المحتمل القيام بصب قالب لهم بشكل كامل أو جزئي (علامات على السطح نتيجة لاستخدام الأدوات، ثقوب لتثبيت القوائم، ...).

المتاع mobilier لا يقتصر فقط على الأثاث، بل يتضمن أيضاً كل ما يُشكل العالم المادي للإنسان، ومنها:

- القطعة المألوفة ذات الاستعمال اليومي والتي يستعملها الإنسان لملبسه، أو يتدفئ بها، أو يستخدمها في إطعام نفسه (الرداء ولوازمه، التجهيزات المنزلية، التجهيزات الخاصة بالمطبخ وأدوات المائدة)؛
- الشاهد على نشاطه، أدواته، أجهزته، إنتاجه والنفايات الناتجة عنه (خبث، بقايا ناتجة عن تشذيب الأشجار، ...)، نتاج القنص (صيد، جمع الثمار البرية)، الشيء أو القيمة التي يقايض بها، التجارة؛
- الشاهد على نشاط ثقافي - ثقافي وجنائزي - والذى يتضمن العاب وموسيقى، وحلي ...؛
- علامات بيئته الطبيعية (سواء كانت نباتات مزروعة أو غير مزروعة (برية) أو حيوانات)؛
- يكون الإنسان نفسه هو أداة وموضوع الدراسة.

مصطلح «متاع» mobilier لم يعد مُرضياً لوصف مجمل القطع المُصنعة (ارتفاكت) artefacts أو غير المُصنعة (إكوفاكت) écofacts، إلى جانب أن تعبير «المواد الأثرية» matériel archéologique، يكون أكثر إستخداماً لأنه مرن بشكل كافي لاحتوائه لكل ما قد يُكشف عنه أثناء التنقيب.

المواد ومفهوم «الإرتباط بالإنسان» anthropie

أكدت الأبواب السابقة على العدد اللانهائي من المواد المُكونة للمتاع الأثري (عنبر، ليجينيت، معدن، جلد، خشب، ألياف حيوانية أو نباتية، عظم حيواني أو بشري، إلخ...).

ويمكن جمع كل ذلك تحت بندين:

- الشواهد من الوسط الطبيعي الذى يتطور فيه الإنسان (نباتات وحيوانات برية،...)؛
- الشواهد المرتبطة بالتدخل الإنساني المتضمنة للقطع المُصنعة التي فيها قد تم تحويل للمادة (جبس، خزف،...) أو تشغيلها (أدوات من الخوص، خشب مخروط، ...)، بقايا ونفايات التصنيع، المواد الأولية غير المُحولة والتي أُدخلت بواسطة الإنسان، النباتات المنزرعة، بقايا الطعام، إلخ...

ويضاف على المعلومات الخاصة بمادة القطعة وتقنيات تشغيلها، بيانات ذات مخزى جمالي أو ثقافي (التقنيات والأساليب المستوحاة للزخارف،...). بعد التسجيل، والوصف تأتي المقارنة. ولا نستدل إذا بأخذ قطعة واحدة فقط في الاعتبار، ولكن مجموعة من القطع، ولا موقع واحد ولكن عدة مواقع. من ضمن ما تمكننا تلك المقابلات والمقارنات من عمله إقامة خرائط توزيع وإظهار لتيارات التبادل، وفي حالة القطع المنقوصة او التي لا يُتعرف على شكلها أو وظيفتها، فإنها تمنحنا إمكانيات فياضة للإستدلال عليها.

ونتيجة لذلك فإن علم الآثار يهتم بشكل أولي بمعنى ومدلول الأدوات بدون تفضيل «القطعة جميلة الشكل» على حساب مجمل المتاع، وتنوعه، وبكل ما يمثله من استعمال يومي ومتكرر، متضمنا أيضا العلامات المعرضة للضياع والتى سيتم ملاحظتها ولكن لن يتم رفعها: مثل القصعة الخشبية التي نتبينها من علامة شبه دائرية يتمثل أثرها المادي في وجود ألياف متحللة، أو ذلك الكاس ذو الساق وهو في الحالة الأخيرة من التغيير altération الملم به والذى يلمع شكله بملامسة المسجة (مسطرين) له ثم ينطفئ بعد بضعة ساعات ويتلاشى. يُسجل تواجد تلك العلامات، وتصور فوتوغرافيا وترسم، وفي أحسن الحالات نستطيع اقتطاع مادتها من أجل تحليلها.

و لا يُكتب البقاء للقطعة التى تحولت إلى أثر بعد عين إلا على شكل «نسخة» لها سواء كانت صورة أو عينة منها، ويدخل وصف تلك النسخة، وتصنيفها وحفظها مستندياً على شكل معلومة تفيد في عملية استغلال المتاع.

لا يستطيع الآثاري بل ولا يجب عليه الإكتفاء بمنظور ذاتي، وبالتالي جزئي للمادة. فالتساؤلات الأساسية التي تقود تحليله تكون: - أين ومع ماذا دفنت القطعة؟

- أين؟

يتم اعتبار القطعة ضمن مضمونها المكتشفة فيه: فتلك القطعة الفخارية لا يكون لها نفس المدلول في حالة قدومها من مكان لإلقاء المخلفات المنزلية، أو من جبانة، أو خبيئة، أو تل شقفات ملحق بورشة صُنع الفخار.

وعلى العكس من ذلك، يساعد المتاع على التعرف على التكوينات. فوجود اصقال خاصة بصناعة النسيج، ومغازل صغيرة داخل قاع كوخ، أحياناً ما نتعرف بواسطتها على وجود مشغل لنسّاج. في الأماكن العمرانية والمُعرفة بوجود نسبة قصوى من الاضطراب بها، فإن التكوينات الحرفية تبدو غالباً منقوصة. في كثير من الحالات يكون المتاع قرينة ثمينة تشهد على وجودها، وبالأخص عند التنقيب في مستودعات المهملات الملحقة والتي عادةً ما تكون محفوظة بشكل جيد.

وهكذا ففي قطاع ما، يُستدل على حرفة الفخاري من بقايا حرق ملقاة في كوم للشقفات، اما في قطاع آخر فإن تجمع مصقلة (أداة للصقل) من العقيق، وبوتقة، وكتل من الزجاج الملون وكسور من ميناء مجتزعة (ميناء محجزة بشرائط معدنية «كلوازونيه»)، فإن ذلك يفصح عن قربنا من ورشة صائغ.

القيمة التاريخية للمتاع (عملات نقدية، خزف، ...) ستكون متغيرة بشكل كبير بدلالة مضمون الركام القادمة منه. وهكذا تُعتبر عملة ما أنها وسيلة تاريخ عندما تحتل مستوى تواجد معين (أرضية، شارع، ...) أو تكون في موضع مغلق (جبانة، مستودع مهملات منزلية...)، في حين أنها إذا وجدت في الرديم فإنها تعتبر حينئذ من المتخلفات.

- ومع ماذا ؟

دراسة المواد المشتركة مع أخرى تتيح غالباً الفرصة للتعرف على قطعة ما. وهكذا فإن عنصر ما لشكل مخروط من العظم ذو زخرفة هندسية، يكون قد اكتشف معزولا في رديم، تصبح صلته أقل بالموضوع من ذلك الذي وجد مرتبطاً بالياف من الخشب وبمفصلات معدنية، مما يمكن أن يعتبر معه إنه كان حلية مزينة لصندوق خشبي.

الإدارة والتهيئة

إدارة المعلومات: المعنى المُجرد

يعتبر التنقيب كبرنامج متعقل لسلسلة من عمليات التدمير والهدم. الصورة السائدة للآثاري تمثله وهو ينقب في طبقات الأرض، طبقة بعد طبقة مثل قارئ يقلب في صفحات كتاب. على أية حال، ففي حالتنا تلك يتم تمزيق الصفحات وتدمير الكتاب بعد الإنتهاء من القراءة. يدرك الكل إذاً المسئولية الجسيمة للآثاري تجاه التاريخ، فإذا قام بتدمير اولا باول الأداة المستخدمة في دراسته، يكون من واجبه إعادتها على افضل شكل بعد القيام بتفسيرها. ولتحقيق ذلك، لا يتيسر له بالطبع الإعتماد على ذاكرته أو الإكتفاء ببعض الملاحظات المدونة في كراسة التنقيب. ولذا يجب علية القيام بالتسجيل وهو مازال في حقل الحفريات وذلك بمنتهى الموضوعية والدقة المتناهية وأقصى وضوح، لكل التكوينات وكل العلامات المتروكة. مع عدم الإكتفاء بذكر موقعها في محيطها ولكن أيضاً علاقاتها مع بعضها البعض. نوعية التسجيل الحقلي تكون حتمية وذات أهمية جوهرية فهي تضمن الاستغلال المستقبلي للموقع.

بعد رفع المواد، فإن معالجتها وتسجيلها قد يتم إرجاؤهما «لا يوجد ما يدعو إلى العجلة ... سنرى ذلك في وقت لاحق»، ذلك الموقف قد يتسبب في فقد لا يمكن تعويضه للمعلومات. كُلنا يمكن له ذكر مئات القطع سواء المعروضة منها في دواليب العرض الزجاجية أو المنتمية لمجموعات خاصة، أو المُخزنة في مستودعات المتاحف أو في المخازن الأثرية، والتي تكون قادمة من «حفريات قديمة» (مع الإشارة إلى أن تلك الصفة تحمل أحياناً مفهوم خاص بمعنى «القدم») وتتراص القطع على الأرفف بدون أي تنويه عن مصدرها. بالطبع تلك القطع تكون محفوظة وقد نعتبرها بالفعل موجودة ولكن قيمتها المعلوماتية تكون محدودة، بل ومنعدمة بالنسبة للآثاري. يمكن لنا دراسة المواد المكونة لها وتقنيات التصنيع الخاصة بها والإعجاب بصفاتها الجمالية ومن الجائز إلحاقها بنمط أوثقافة ما. غير أن رسالتها المرتبطة بالبشر الذين قاموا بتصنيعها واستخدامها ثم تركها تكون معدومة، وهي كاشجار جافة «حياتها» قد توقفت على رف ما ولا يكون لها إلا فائدة ثانوية بالنسبة للآثاري.

علاوة على أن هذا الأخير «لا يكون المالك الأوحد للإكتشافات التي تمت، ولكنه يكون فقط الحائز بشكل وقتي لكمية من المعلومات التي يكون من واجبه تفسيرها» (Galinié, 1980, p. 65). وعلى ذلك يكون لزاما عليه حفظ القيمة الأثرية للمواد أجمعها، والتي تعتبر كأداة للمعرفة، وعليه ضمان ظروف الاستغلال الفوري والمستقبلي لها. ولتحقيق ذلك يجب عليه قبل أي شئ المحافظة على مضمون شخصية هذا الإكتشاف.

والمجال لا يتسع هنا لاقتراح طريقة لتسجيل المواد. نعدد بالفعل الكثير من الطرق التى تلتزم بإتباع الأسس القياسية المعمول بها والتي سبق ذكرها آنفا (Randoin, 1987) والمطبقة فعلاً في Tours و Saint Denis (Galinié,1980; Saint-Denis, 1983; Bats et al., 1986)، وتلك الطرق هي أكثر من مجرد نظريات بسيطة فلها ميزة كونها قد جربت أحياناً لأكثر من عشرة أعوام في نفس الموقع. ولا توجد واحدة شبيهة بالأخرى لأن كل واحدة تخص نوع معين من التجميع: سواء كان تصنيفي أو ملتزم بالتقارب الإستراتيجرافي (الطبقي)، أو أيضاً ميال للتصنيف على حسب نوع المادة.

في علم الآثار كما في مناهج علمية اخرى، فإن أي رغبة في سن ضوابط أو توحيد قياسي normalisation تجابهها بشكل تلقائي (أتوماتي) دوافع من النوع العملي: طبيعة الموقع، إحتمال للخصوصية الزمنية، وكذلك الفترة الزمنية المخصصة للتدخل، والإمكانات المادية (المالية) التي تكون تحت تصرف المجموعة، ومدى إتساع تلك المجموعة.

سنتذكر فقط أنه من الضروري بشكل قاطع إتباع نظام ملتزم وقادر على إنجاز العمل، وموضوعي وواضح لإدارة المتاع مع الفطنة لكونه سيصبح بعد فترة القاعدة المرجعية التي ستسمح بتحديد مكان قطعة ما في الركام واستغلال الكم من المعلومات الذي سينتج عن تلك القطعة.

لكي «ننجح» في الإدارة فإن ذلك يتطلب وقت لا يستهان به نمضيه في القيام بتكليفات جاحدة، أو روتينية مثل: الصيانة الحافظة maintenance conservatoire (التأكد من التجهيز، والتعليم (وضع العلامات)، وحالة القطع، وبطاقات التعريف)، مراقبة جودة التسجيل (نقل المعلومة هل كان مُفصلا؟ البطاقة هل هي مقروءة؟ جمع المعلومات هل كان صحيحا؟).

وفي هذا الصدد فإن المعلوماتية (إستخدام الحاسب الآلي) informatique تمكننا من كسب لا يستهان به للوقت بالنسبة لسلسلة من المهام المتكررة، ولكنها يمكن أن تلعب دور وسيلة تغطية (برافان) لإراحة ضميرنا. فبرمجيات الإدارة ذات التصميم الحسابي الجيد تكون متوفرة. في حين أنه من الضروري عدم استعمالها فقط كوسيلة حديثة لا فائدة منها إلا «التظاهر» gadget أوكمقصد لحد ذاته، لانه يجب أن يستتبع ذلك تخزين وتوثيق أيضاً.

غير أنه بتفحص أنظمة التسجيل المستعملة حالياً في فرنسا، فإننا ناخذ من ذلك العبرة، وندرك إلى أي حد يكون الجانب العملي ملموساً بشكل ضعيف. ومع ذلك فإنه يبدو أساسي أن يصمم ذلك النظام بشكل متوافق تماماً مع نظام التخزين والتسجيل المستخدم، ويكون بالضرورة منضبط مع مقتضيات الحفظ لكل مادة.

إدارة المواد: المعنى الواقعي

هنا يتدخل مبدأ الحفظ الوقائي conservation préventive الذي يقوم به الآثاري، وهو يطبق على المادة من بداية التنقيب عنها ثم طوال مشوارها - الذي قد يطول بضعة أعوام - في المخزن، سواء قبل أو بعد حفظها، وحتى مقرها النهائي، في المستودعات أو صالات العرض لمتحف ما. سيكون إذاً على القائم بالحفظ استكمال المشوار.

من أكثر الحالات الواضحة، حالة المواقع الحضرية وبالأخص موقع سان دونيه Saint-Denis الذي منذ خمسة عشر عاماً تقوم مجموعة فيه على إدارة كمية كبيرة جداً من المتاع وتتكلم الأرقام من ذاتها: ففيه أكثر من ٢٠ الف قطعة منفصلة وأكثر من ٣ آلاف قطعة خزفية مركبة وما يقرب من الف عملة، وتعد قطع أو شقفات الخشب والزجاج بالآلاف. وقد ظهر سريعاً أنه لاغنى عن إنشاء وظيفة تسمح بضمان إدارة المتاع المرجوة، بعيداً عن القيام بالوفاء بعمل مخزني بسيط يكون هدفه محصور في حفظ وتنظيم الوثائق المادية حتى تصبح سهلة الوصول إليها في اي وقت من أوقات الدراسة. تلك الوظيفة تكون مختلطة في وسط الطريق بين الآثاري والقائم بالحفظ والترميم، ويجب أن تُشغل بواسطة آثاري له دراية بأساسيات الحفظ وليس بواسطة مُرمم لأن إدارة المتاع تستلزم اختيارات وأولويات للمعالجة أو للدراسة تكون وثيقة الإرتباط بالمسالية الأثرية.

في سان دونيه، فإن المجهود الكبير الذي خصص للمتاع ظهر اليوم كونه اختيار موجب لأن المادة التي يسهل الوصول إليها بشكل فوري، لجد أن دراستها قد أصبحت يسيرة. والأمر لا يعني هنا استحداث وسائل جديدة ولكن ببساطة التطبيق لفترة طويلة لمبادىء الحفظ التي تم سردها في هذا الكتاب على متاع ذو أوجه متعددة. (انظر الباب الثاني والعاشر) مع الأخذ بنظم التسجيل المتبعة في مواقع حضرية أخرى (لندن، يورك) (.Saint-Denis, 1983, p. 133-156).

من بداية التنقيب يحصل المتاع الأثري على رقم تسجيل يشير إلى الموقع، والظروف المحيطة. ومنذ هنا سيقسم إلى ثلاث مجموعات:

- الجزء الأكبر من المتاع (شقفات خزف، عظم حيواني، قارميد، طوب، كسور من الجبس المستخدم في أعمال البناء، ...) يحتفظ بذلك التعريف البسيط. تلك العناصر التي لا تفرض مشاكل حفظ خاصة في الموقع، ستتبع مسار قصير: فبعد الغسل، والتجفيف، والتصنيف تُخزن في انتظار نهاية الحفريات؛

- بعض القطع التي نعثر عليها في حقل الحفريات على شكل علامات مميزة وآثار لا يمكن رفعها، ويتم إذاً عزلها ويعني هذا حصولها على رقم إضافي لكل واحدة من طبقات الحفر من واحد إلى مالا نهاية، ويصاحب ذلك تاريخ التسجيل. تلك المعلومات يتم نقلها بعد ذلك إلى العديد من قواعد البيانات (بطاقات وحدات طبقات الحفر، بطاقات تعريف، دفتر العهدة) وذلك لغرض السماح بالرجوع إليها ومقارنتها بغيرها. بعد الرسم والتصوير الفوتوغرافي وأخذ العينات فإنه يمكن «تركها» لكي ترفع مع الركام حيث إن وجودها أصبح معروفاً وقابلاً للاستغلال من قبل الآثاري؛

- سيتم أيضاً عزل القطع كبيرة الحجم (توابيت، تيجان أعمدة، مدفات (قواعد إسطوانية لساق عمود))، كذلك القطع الخزفية السليمة، أو اي قطعة يُرى أنها لا غنى عنها للفهم الفوري للموقع: قطع من الخَبث، عملات، ....

- يشمل العزل أيضاً المواد التي يستلزم إجراء معالجة حفظ لها، وفي الواقع يشمل كل ما تم سرده على طول ذلك الكتاب والذي يكون مساره أطول.

في حالة إذا ما تم رفع القطع في مدرة (قطعة من التربة المتماسكة) en motte، فإنه يفتش عن القطع في الورشة وأحياناً تُدعم ثم تصور فوتوغرافياً. كل مادة تقابلها إحتياطات وتعاملات خاصة بها، وقد شُرحت من قبل باستفاضة ويمكن للقارئ الرجوع إليها.

يأتي بعد ذلك التخزين و«القاعدة الذهبية» فيه هو التنظيم على حسب نوع المادة (انظر الباب العاشر). وندرك جيداً أهمية مبدأ العزل: فهو يسمح للآثاري بمعرفة تواجد ومكان تخزين كل قطعة لأنه لأغراض التنظيم الحفظي

ordre conservatoire يكون من المستحيل عليه تنظيم المتاع على حسب الوحدة الطبقية التى كان موجودا بها unité stratigraphique (وهي الطريقة الأكثر استخداماً). عندئذ سيمكن تنفيذ سلسلة التعاملات، والمعالجات المشروحة في هذا الكتاب. إذا إلتزم كل متعامل سواء كان آثاري أو متخصص في الترميم أو التحليل، بهذا التسجيل، فإن الصفة الأثرية للقطعة ستظل محفوظة وسيمكن إحتواء القطعة بدون عوائق ضمن دراسة الموقع.

يجب أن يدرك كل مرمم مسئوليته تجاه أي قطعة يعهد بها الآثاري إليه. إضاعة البيانات المرجعية يمكن أن يتسبب في فقد لا يمكن تداركه للمعلومات اللازمة لدراسة موقع ما - نأخذ مثلاً حالة العملات - وعلى المرمم أن يُنظم نفسه ويسجل ويصور فوتوغرافياً أو يرسم المواد الموكل إليه بها والمحمل لمسئوليتها، حتى لو كان الآثاري قد سبق وقام بهذا العمل على أكمل وجه، فالقيام بالإحتياطات اللازمة مرتين يكون أفضل من مرة واحدة. تُعتبر الصيانة maintenance من أكثر الأمور تقييداً.

المسئول عن المواد الأثرية يقوم بحفظ المتاع ويجعل من الوصول إليه أمراً سهلاً. وهو يأخذ أيضاً القرار مع المسئول عن الأبحاث بخصوص الترميمات ذات الأولوية، والتحاليل (تصوير بالأشعة السينية (أشعة X)، قياس التطور الزمني عن طريق عمر الأشجار dendrochronologie، قياس باستعمال الكربون المشع ^{14}C، قياس باستخدام الشرائح الدقيقة ، قياس تكوين المادة، تعيين ألياف النسيج، دراسة أنواع الأخشاب، إلخ...).

ويمكن حينئذ البدء في القيام بأعمال الدراسات الأثرية الخالصة. بعد وضع المخطط البياني لطبقات الأرض diagramme stratigraphique فإن الدراسة تستكمل مع تحرير «بطاقة المادة» fiche matériel، التي يتم فيها تسجيل ووصف كل عنصر من عناصر المتاع الأثري على حسب الوحدة الطبقية (Saint-Denis, 1983, p. 133-156) مما يسمح إذاً بدراسة تجميع القطع مع بعضها. وبالتوازي مع ذلك نقوم بتعيين الحقبة الزمنية والتعاقب الزمني للوحدات الطبقية. وأخيراً يجئ دور تحرير البطاقات التصنيفية fiches typologiques لكل قطعة. مستندات التجميع تلك تحصي في نفس الوقت

المعلومات الخاصة بالقطعة وتلك المُستنتجة من المواد المُلحقة بها والدراسة الطبقية للأرض، وأحياناً يصاحب ذلك حافظة بيانات (دوسيه) (متضمنةً نتائج التحاليل والتصوير بالأشعة والنسخ الفوتوغرافي والمصادر المرجعية ...) ويشكل هذا المستند النهائي المستخدم للإعداد للنشر publication.

الحفظ، أهو إختيار عن عمد؟

يتنازعنا الاختيار بين طريقين، أحدهما يقودنا نحو الإقدام على متابعة العمليات الأثرية والآخر نحو إتباع نظرية حفظ المقتنيات الثقافية.

والإنتقاء يتم بالفعل منذ إقامة حقل الحفريات. ففي حالات الإنقاذ المبرمجة، يحدد الآثارى الأجزاء التي ستُخص بالتنقيب المكثف، أما باقي الأجزاء فسيتم جسها أو مراقبة. الأجزاء المردومة منها لأننا لا نستطيع التنقيب في كل مكان. ذلك التخطيط لا يتم بشكل عشوائي ولكنه يتم بالرجوع إلى مصادر مكتوبة، أوخريطة أثرية، أو نتائج حفريات سابقة.

إن تعدد أعمال تهيئة الموقع تفرض علينا معاودة القيام بحفريات الإنقاذ، التي تستقطب كل المجهودات والميزانيات والجهود البشرية. وكرد فعل لذلك التسرع المفروض علينا يميل الحال إلى نشوء سياسة «المحميات الأثرية» réserves archéologiques. فالتعبير واضح: تجنب التنقيب في بعض المناطق، التي تكون ذات قيمة أثرية معروفة «حتى نستبقي» التنقيب فيها إلى مستقبل أفضل، في القريب أو البعيد، قد يتيح لنا إمكانيات أوسع سواء من ناحية الإمدادات أو من الناحية العلمية. والأمر يعني هنا الإدارة الواعية للتراث الأثري التى تستفيد من الآراء الشائعة في مجالات أخرى، كالمجالات البيئية.

بالنسبة للمتاع الأثري فإن مبدأ عمل الاختيارات قد تطور بشكل كبير. فقد إنقضى العهد الذي فيه كنا نزيل الطبقات الحديثة من التربة، بما فيها تلك الخاصة بالعصور الوسطى من أجل الوصول إلى المستويات العتيقة، وإنقضى كذلك الحال لاختيارنا القطعة السليمة فقط ملقين بأي شقفات أو أي شكل يُقدّر أنه شديد التجزؤ.

فكوننا نُدير لا يعني أن نحتفظ بكل شيء؛ فلا يوجد أي آثاري عنده الوقت أو الإمكانيات لهذا. والأمر يعني في المقام الأول القيام بعملية إنتقاء sélection، وتقرير الأولويات بكل راحة ضمير، وتحمل كافة المسئوليات، ولكن أيضاً رفض التساهل على حساب الفطنة والتفهم لموقع ما.

أيجب علينا حفظ كل شئ لإجراء ابحاث مستقبلية، مع ما سيتوفر لنا من بنية تحتية أفضل وطرق تحليل أكثر تقدماً؟ إن تطور المنهجيات يثبت لنا أننا لا نستطيع اليوم الحكم مسبقاً على تساؤلات سوف تطرح غداً، والتى قد تتجدد سواء بالتطور في المسائليات المطروحة أو في أجهزة التحليل.

فالمخازن تكون مكدسة، وهناك ندرة في القائمين على الصيانة أو حتى إنعدام لهم، وحتى إذا كانت الحراسة عامةً مؤكدة، فإن ظروف الحفظ تكون هشة أو حتى غير موجودة. وكلنا يتعارك مع ما نكون قد جمعناه، ومع زكائبنا المحتوية على بقايا كبيرة من القطع النباتية ومع عيناتنا من الخشب والملاط: هذه الأشياء التى يكفل لنا جمعها «راحة الضمير» تصبح مُربكة، ونتيجة لنقص إمكانيات التحليل قد تجد نفسها يوماً أو آخر في مقلب القمامة.

و ينتج عن ذلك أن ممارسة أخذ العينات échantillonage يجب أن تتم بشكل عاجل، وهي لازمة للآثاري، ولكن أية طريقة يُوصى بإتباعها؟ يجب أن نجد حلاً وسطاً فيما بين الفرز العشوائي (الإحتفاظ بشقفة واحدة من بين كل عشرة شقفات...)، أو فرز يعتبر كممثل لقواعد الإنتقاء (مثلاً حفظ نسخة من كل شكل جانبي لحافة أو عروة إبريق أو زخرفة...). أيجب علينا الإحتفاظ بكل قطع الفخار المعاد تكوينها، مع أن المُكرر منها يزحم أرففنا أو إعتبار أن صورة فوتوغرافية أو رسم أو عينة من المادة يمكن أن تغنينا عنها؟

بالنسبة للمعادن وبالأخص الحديد فإن التصوير بالأشعة السينية يعطي الآثاري سبل للإنتقاء مرضية لحد ما. فإذا صمد الشكل تحت طبقة الأكسدة، فإن ذلك يظهر في صورة الأشعة ويمكن لنا تقدير أحقيته في إجراء تدعيم أو معالجة أو حتى رسمه لا غير. في الحالة العكسية إذا وصل المعدن لمرحلة نهائية من التآكل ولم نتمكن من التعرف على شكله فإننا سنحتفظ بصورة الأشعة وسيتم التخلص من القطعة بدون ندم على ذلك.

يجمع الآثاري المعلومات، وهو كمسئول عن ما اكتشفه يكون عليه أن يعمل على إسراع أو استقرار عمليات التدهور؛ وإذا كان معتاد على طرق الحفظ فإن إختياراته ستكون مبنية على بصيرة بالنتائج.

هل الآثاري يكون «مسؤولا عن إدارة التراث» أو هو أحد المستفيدين منه؟

سنصل حتما لنتيجة في هذا النوع من التفكير إذا قمنا بمجابهة الخبرات مع المشاكل في أوروبا ومقارنة الأنظمة التشريعية المطبقة في هذا الصدد. يوضح لنا هنري كلير Henry Cleere الطريق (Cleere, 1984, 1989). فعند ذلك المستوى لا يكون الآثاري هو المُتدخل الوحيد؛ فهو يُجمع فيما بين المظاهر العلمية لمنهجه والسياسات الثقافية المحلية والإقليمية أو حتى الوطنية.

نحن نعرف مدى صعوبة التوفيق بين الإختيارات العلمية البحتة، وتلك المُتعلقة بالنشر، على جمهور عريض، لنتائج علم الآثار (الأركيولوجيا) الذي يعتبر أداة للذاكرة. ولا يستحق الجمهور تلقي تلك المعلومة فقط بل يتمنى غالبا الحصول عليها. نفس التوجهات ترتسم بخصوص التاريخ، ولكن علم الآثار يمتلك ميزة عظمى ألا وهي تجديد مصادره.

محاورة

في خاتمة ذلك الكتاب لا يسعنا إلا تشجيع استمرارية الحوار بين القائمين على الحفظ والترميم والآثاريين. فالآثاري يميل إلى تناول الموضوع من وجهة النظر الزمنية والشكلية والتقنية والعلمية، أما المُرمم فإنه يتناوله من وجهة كونه مادة وتقنية. فالأول يعرف المتاع الأثري «الخاص به» ودقائقة التقنية ويحدد نوع «المردود» المنتظر: إستقراء بسيط أو إزاحة للتربة، تدعيم أو حفظ بعيد المدى لأغراض متحفية، متضمناً في بعض الأحيان سد للنواقص. والثاني عند تعامله مع الأثر سيكون قادرا على إعطاء توجيهات ثمينة، في بعض الأحيان غير منتظرة، بخصوص القطعة. فبالملامسة المباشرة معِ القطعة، سيتلمس الخصائص التقنية أو المواد التي لم يُكشف عنها قِبلاً.

وهكذا فإن الآثاري يكون من حقه معرفة مجموعة المعالجات التي تمت على القطعة، ويكون إذا من واجب المرمم أن يمنحه ليس فقط الكراسة (الدوسيه) الكاملة لعمله، بل أيضاً النصائح الخاصة بالحفظ بعد المعالجة: تعيين الظروف الجوية (عدد اللوكس lux، رطوبة الهواء، درجة الحرارة،...) وطريقة التهيئة؛ حيث أن «الحياة» المستقبلية للقطعة سوف تتوقف عليهم، وكذلك الترميمات المستقبلية أو الأجزاء التي يجب ألا ترمم. عندما ترسل القطعة إلى متحف أو إلى عرض مؤقت، فإن الآثاري سيكون من حقه طلب وجوب الإلتزام بكل تلك التوجيهات.

الحوار يكون أسهل عندما ينتمي إحدى القائمين على الحفظ والترميم إلى مجموعة التنقيب (أساساً في حقول الحفريات الكبيرة)، أو عندما تكون المسافات بين المعمل والموقع ليست بالبعيدة.

لا تتعامل المعامل إلا مع جزء بسيط من المتاع الأثري المُكتشف. ونتيجة للنقص في الميزانية يكون على الآثاري انتقاء أكثر القطع الجديرة بالملاحظة، والأكثر ملاءمة للعرض المتحفي أو الأكثر دلالة، أو التي لا غنى عنها للتاريخ، أو للفهم الفوري للموقع. والباقي (التسعة أعشار أو الثمانية أعشار؟) تنتظر، وقد لا يتم التعامل معها أبداً. وعلى الرغم من هذا، فما هو حجم المعلومات الكامنة في تلك الكتلة المتروكة؟

يكون من الضروري أن يحاط القائم بالحفظ والترميم علما بكل شيء، ويكون مدركا للمشاكل التي يقابلها الآثاريون في مواجهة المتاع الأثري وأن ينأى عن إبداء أي حكم متسرع يخالفهم الرأي.

تذكرة رقم ١

الحفظ في حقل الحفريات: تذكرات عملية

مواد ومعدات مفيدة

بغرض التجهيز

أكياس خاصة بحفظ الأطعمة المجمدة. أكياس البولي إيثيلين ذات الإقفال المدمج بشريط أبيض أو بدون (Polybag, Minigrip)؛ مقاسات ٦٠ x ٨٠/٦٠، حافظة من البولي إيثيلين، غشاء (فيلم) قابل للتمدد من البولي إيثيلين (Cell-O-frais)، أكياس من السيلوفان، ورق وورق مقوى (كرتون) غير حامضي، غشاء من البلاستيك ذو الفقاقيع، رغاوي البوليرتان، رغاوي البوليستر، كريات من الزجاج، علب محكمة الغلق (tupperwear)، أحواض قياسية من البلاستيك قابلة للتراص فوق بعضها (Allibert).

هلام (چل) السيلكا، قاتل الفطريات البكتيرية (panacide)،

براد (ثلاجة)، ماكينة لحام أكياس (Calor)، ميزان، فرن أو فرن تحميص étuve.

تدعيم، رفع، تشخيص

كحول (إيثانول)، أسيتون

أربطة مشبعة بالجبس، جبس ذو درجة صناعية، بوليرتان قابل للتمدد، شاش قطني ومن البوليستر، شرائح الومينيوم، بولي إيثيلين مغطى بالالومنيوم (المستعمل في اغطية الإنقاذ).

برالويد B 72، بريمال WS 24، لاصق ڤينيلي (Sader)، لاصق لكل الأغراض (Uhu)، كحول بولي ڤينيلي (Rhodoviol).

عدسة مكبرة مزدوجة العينية، مجفف للشعر، عدسة تصوير عن قرب macro،

قلم للكتابة على البلاستيك (قلم للكتابة علي الشرائح Dia متوفر بالمحلات التي تبيع أدوات التصوير)، بولي إيثيلين أبيض غير منسوج لعمل البطاقات اللاصقة (Tyvek).

عمل محلول ذو تركيز معين

بطريقة بسيطة للغاية: بالوزن/الحجم (جرام/ملي لتر).

مثال: برالويد ذو تركيز ٥ ٪ في الأسيتون.

(٥٠ : ١٠٠٠) x ١٠٠ : وزن المذاب بالجرام مقسوم علي حجم المحلول بالملي ليتر مضروب في مائة.

يتم وزن ٥٠ جرام من البرالويد الذي نقوم باذابته في الأسيتون حتى نحصل على لتر من المحلول (١٠٠٠ ملي لتر).

تلك الطريقة لا تسمح بمقارنة المحاليل فيما بينها؛ وهي عملية وتكتب عادتا بالشكل المئوي، وقد إستخدمت في هذا الكتاب بشكل عام إلا إذا ذكر خلاف ذلك، وقد إستخدمنا دائما نفس الوحدات (جرام، ملي لتر).

تخفيف محلول تم عمله عن طريق النسبة وزن/حجم

مثال: حول ما بين ٤٥ ٪ وزن/حجم إلى ٢٠ ٪ وزن/حجم وذلك بدءا من ١٠٠ ملي لتر من المحلول.

التركيز الإبتدائي (بالنسبة المئوية) مضروب في الحجم الإبتدائي للمحلول (بالملي لتر)، مقسوم على التركيز المطلوب (بالنسبة المئوية):

(٤٥ x ١٠٠): ٢٠ = ٢٢٥ ملي لتر

الحجم المحسوب ناقص الحجم الابتدائي:

٢٢٥ – ١٠٠ = ١٢٥

نضيف إذا ١٢٥ ملي ليتر من المذيب إلى المحلول الابتدائي.

تذكرة رقم ٢

الجبس (الجص)

للجبس إستعمالات عدة في الحفظ والترميم منها: دعامات الرفع (الإقتطاع)، قوالب الصب، لسد النواقص و نسخ المصبوبات moulages... تختلف خواص الجبس علي حسب النوعية المستخدمة وطريقة العمل المتبعة.

ينتج الجبس عن طريق كلسنة كبريتات الكالسيوم المائية gypse. عند تسوية تلك الكبريتات فانها تفقد جزء من الماء الموجود بها لتعطي منتج متميأ جزئيا ألا وهو: الجبس. بعد الطحن فإننا نحصل على مسحوق ناعم يعطي بعد تمياه عدد لانهائي من البلورات المكروية المتداخلة مع بعضها البعض: و هذا هو مفهوم الشك.

زمن الشك والحبيبات يختلفا على حسب طريقة تصنيع الجبس:

– جبس باريس: نوع مطحون بشكل خشن، وله زمن شك طويل.
– جبس قابل للتشكيل: وهو نوعية مطحونة بشكل ناعم، قليل الشوائب سريع الشك.
– جبس القوالب: أكثر الأنواع نقاوة، ذو حبة ناعمة جدا وسريع الشك.

يتم نثر المسحوق على الماء حتى التشبع: وتلك هي نسبة المسحوق في الملاط gâchage عند التشبع. بالنسبة للمسحوق المشبع تماما بالماء فانه بعد عدة ثوان يتم خفق الخليط حتي يبدأ في الشك. التقليب بشكل قوي متواصل يقلل من زمن الشك ولكن عند زيادته عن الحد: «الضرب» فان ذلك يخفض من الخواص الميكانيكية للجبس ويمكن ان يتسبب في حدوث تراجع عند التجفيف.

يصاحب الشك بشكل عادي حدوث إنتفاخ بسيط مرتبط بنسبة المسحوق في الملاط ويكون هذا الانتفاخ محسوس كلما قلت المياه.

يمكن تعجيل الشك إذا قمنا بالاقلال من كمية الماء في الملاط، وقمنا بمزج بوادئ شك من ملاط سابق، أو إذا كانت المياه شديدة النقاوة، أو تم تسخينها أوعندما يكون مسحوق الجبس قد تم إنتاجه حديثاً جداً.

تكون مسامية الجبس بعد الشك في حدود ٣٠ سم^3 لكل ١٠٠ جرام. و يمكن لنا زيادتها باستعمال ماء أزيد مما ينبغي: لجعل الجبس شبه المتميئ يتميأ تماما: فالماء الزائد يترك فراغات بعد التبخر. يصبح الجبس المتكون إذا أكثر خفة و أقل مقاومة و يسهل تشربه.

تكون الكثافة الظاهرية للجبس بعد الشك في حدود ١,٤. ويكون من المفيد التقدير المسبق لوزن القطعة المراد تنفيذها (سواء دعامة، نسخة، إلخ...).

المقاومة الميكانيكية للجبس تصل إلي أقصي درجة لها بعد الشك والتجفيف الكامل؛ وهي تهوي بشكل سريع و بشدة إذا أعيد ترطيبه.

بلورات الجبس يمكن أن تهاجر إلى أي مادة مسامية يكون الجبس قد تم وضعه عليها مباشرتا. إضافة بعض الراتنجات التخليقية عند الاستخدام (لاصق ڤينيليي)، أو بعده (بالتشرب) يزيد من المقاومة الميكانيكية للجبس ويقلل من حساسيته للماء، ولكن هذا يمكن أن يجعله حساس للكائنات المكروية (فائقة الدقة).

تذكرة رقم ٣

الماء

يمكن للماء أن يعطي أنظمة متجانسة مع عدد كبير من المواد. وله إستعمالات متعددة في مجال الحفظ والترميم.

في جزيء الماء (H_2O) ترتبط ذرتين هيدروجين عن طريق وصلات إسهامية الترابط covalentes مع ذرة الأكسوجين. لا تكون الشحنات موزعة بشكل متساو فيما بين الذرات: فيصبح الجزيء قطبي. ذرة الأكسوجين، المشحونة سالبا، يمكن لها أن تقيم ترابط هيدروجيني مع جزيئات الماء المجاورة لها، ومدى فاعلية ذلك الترابط بين جزيئات الماء يفسر لنا بعضا من خصائصه، مثل درجة غليانه وتوتره السطحي العالي بالمقارنة بالمذيبات ذوات كتلة المول المتقاربة.

قطبية الماء تسمح له باذابة المواد العضوية التي تشتمل علي مجاميع قطبية بشكل كافي وكذلك انحلال dissociation العديد من المركبات الأيونية.

إنحلال جزيئات الماء ينتج عنه كاتيونات H^+ و أنيونات OH^- بكميات متكافئة: فيصبح الماء متعادلاً. وهو يمكن ان يحتوي على أملاح، أو احماض، أو قواعد منحلة مما يثريه بأيونات H^+ أو بأيونات OH^-. المحلول الحامضي يحتوي على كاتيونات H^+ أكثر مما يحتوي على انيونات OH^-؛ المحلول القاعدي يحتوي على أنيونات OH^- أكثر مما يحتوي على كاتيونات H^+. يعتبر رقم الـ pH طريقة تقليدية للتعبير عن حامضية أو قاعدية محلول ما، وذلك عن طريق تركيزه من أيونات H^+ ويتراوح فيما بين ٥ (شديد الحامضية) إلى ١٤ (شديد القاعدية): يكون رقم الـ pH لمحلول متعادل هو ٧.

الماء الجاري الطبيعي، وماء الصنبور يحتويا على شوائب مختلفة، من بينها العديد من الأملاح المذابة، التي يمكن التخلص منها عن طريق التقطير أوإزالة التمعدن.

في العملية الأولى، يُحمل الماء على الغليان ويجمع بخار الماء المتكثف.

في العملية الثانية، التي نطلق عليها أيضاً إزالة التأين، يعبر الماء من خلال عامود يحتوي على راتنجين غير قابلين للذوبان: واحد منهما يثبت (يرسخ) الكاتيونات المطلوب إزالتها ويبادلها مقابل كتيونات H^+، والآخر يثبت الأنيونات ويبادلها مقابل OH^-. تلك الراتنجات المسماة بمبادلات الأيونات ينتج عنها إذا ماء نقي. عندما تتشبع جميع المواقع المتفاعلة فإنه يجب إعادة إحياء تلك الراتنجات. ونراقب (عن طريق قياس الموصلية) الأداء الجيد لتلك الأعمدة، في حالة كونها غير مزودة بجهاز لبيان التشبع.

عن طريق الملامسة مع الوسط الجوي، فإن الماء النقي يمتص بشكل سريع ويذيب غاز ثاني أكسيد الكربون، مما ينتج عنه محلول حامضي. ولهاذا السبب يكون رقم الـ ph للماء المقطر أوالمزال عنه التمعدن حامضي بشكل طفيف. تعبير مياه عسرة eau dure يشير إلي المياه الغنية باملاح الكالسيوم والمغنسيوم. في تقنيات إزالة عسر الماء، فإننا نقوم بتبادل أيونات Ca^{2+} وأيونات Mg^{2+} بواسطة طرق مختلفة بأيونات Na^+: و هكذا يزال عسر الماء، ولكن الماء لا يصبح نقي ويظل محتوي على العديد من الأيونات في المحلول.

لمعرفة المزيد: Duval, 1962; Cleaning, 1986; Delcroix, Havel, 1988, p. 111-115.

تذكرة رقم ٤

التوتر السطحي

الظواهر السطحية مثل التوتر السطحي التي تمتاز بها السوائل تكون نتيجة لقوى الترابط التي تحافظ على جزيئات (أو ذرات) المادة مترابطة فيما بينها.
تلك القوى تعاكس خلق أي سطح جديد: فمن أجل خلق سطح جديد في مادة صلبة، يستوجب الأمر كسرها وهذا يعني بذل شغل مضاد لقوى التماسك الداخلي بها. الأجسام السائلة تُظهر هي الأخرى تماسك داخلي ذو طاقة عالية لحد ما.
في داخل اي سائل يكون أي جزيئ محاط من جميع الجوانب بالجزيئات الأخرى. وتكون محصلة قوى التجاذب المبذولة عليه من الجزيئات المجاورة معدومة. أما الجزيئات الموجودة على سطح السائل فإنها تنجذب بفعل الجزيئات التي بداخل السائل أكثر من إنجذابها بفعل جزيئات الغاز المشتتة بشكل كبير والموجودة في الوسط الجوي. وهي تخلق نوع من الغشاء الرقيق الذي يقوم بضغط السائل: وهذا ما يعرف بالتوتر السطحي للسوائل (Ts). عندما يكون لسائل ما توتر سطحي عالي، فإنه يميل إلى شغل الحجم الذي يضمن له أدنى مساحة سطحية ممكنة، الا وهو حجم الكرة. عند وضع السائل على مادة صلبة، فإنه يتجمع على شكل قطرات ولا يُبسط على السطح: فمع التوتر السطحي لا يحدث البلل بشكل مواتي. يتصارع التوتر السطحي مع قوى التجاذب التي قد تظهر بين السائل والمادة الصلبة. ولكن كما نلاحظ، فعند غمر أنابيب ذات أقطار مختلفة في الماء فإن شد الغشاء الظاهري، ييسر على العكس من ذلك من من صعود السوائل في الأنابيب ذات الاقطار الصغيرة جداً؛ و هذا ما يطلق عليه الخاصية الشعرية capillarité. فالسوائل التي يتكون بها سطح هلالي محدب عند وضعها في الأنابيب الدقيقة، ترتفع على طول الجدران، حتى تصل إلى إرتفاع يكون متناسب طردياً مع التوتر السطحي لها ومع الضيق في الأنبوبة المار منها السائل (وهكذا فإن الماء الذي يكون له Ts عالي جداً يرتفع إلى طول ١,٤٧ سم في أنبوبة قطرها ١ م ويرتفع إلى طول ١٤,٧سم، في أنبوبة قطرها ٠,١ مم). يمكن لبعض المواد ان تخفض التوتر السطحي للسوائل بشكل كبير. وهي تتكون من جزيئات لها مقدرة التآلف مع أجسام شديدة الإختلاف، مظهرتاً مثلاً جزء قطبي (آلف للماء) وجزء غير قطبي (كاره للماء وآلف للدهون). وتبعاً لتلك التآلفات تُبسط تلك الجزيئات و«تتداخل» علي سطح السائل، آخذتاً لتوجهات على حسب الأجسام المتواجدة من ناحية أوأخرى من ذلك السطح البيني: فنسبة تركيز ضعيفة جداً منها تكفي إذا للحد من ذلك الإختلال في الجذب البين جزيئي الذي كان السبب في نشوء التوتر السطحي في السوائل. المواد «ذات الفاعلية السطحية tensioactifs» (التي نطلق عليها أيضاً المواد خافضة التوتر السطحي surfactants) تحسن من البلل بواسطة السوائل وتخفض من هجرتهم بالخاصية الشعرية.
يمكن لنا أن نربط فيما بين ظواهر التوتر السطحي للسوائل و ظاهرة إمتزاز adsorption الأجسام الصلبة. فقوى الترابط الداخلية للجسم تكون عالية بالتعريف عندما تحفظ ذلك الجسم عند الحالة الصلبة. الجزيئات أوالذرات أوالأيونات المتواجدة على السطح، يكون لها تآلف غير مُرضي: فهي تكون قادرة علي بذل قوى شد ضخمة علي جزيئات الأجسام الغازية أوالسائلة المجاورة لها مباشرتاً مكونتا إذاً لطبقة ممتزة، بمعني مثبتة على سطح الجسم الصلب.

لمعرفة المزيد: Grémy, Leterrier, 1975 ; Masschelein-Kleiner, 1981 ; Delcroix, Havel, 1988, p. 145-156.

تذكرة رقم ٥

الراتنجات التخليقية: أمور عامة

الراتنجات التخليقية هي بوليمرات، وهذا يعني أنها جزيئات كبيرة جداً، منشأة من وحدات صغيرة من مركبات بسيطة الجزيئات مستقلة وغير متبلورة (مونومير) monomères، وهي تتكاثف مع بعضها أثناء تفاعل البلمرة. في حالة كون تلك الوحدات متطابقة مع بعضها البعض فإن تجمعها يكون متجانس البلمرة (هوموبوليمر) homopolymère؛ فالبوليمرات التي تحتوي على أكثر من مونومير هي بوليمرات مشتركة (كوبوليمر) copolymères.

أي مونومير يجب أن يكون له القدرة على الإرتباط مع إثنين آخرين على الأقل. ويُكون هذا الترابط إذا جزيئ خطي طويل جداً. إذا كانت بعض المونوميرات يمكن لها أن ترتبط مع ثلاثة آخرين، فإن السلسلة سيكون لها تشعبات قصيرة من مكان لآخر: ويصبح البوليمر إذاً خطي ومتشعب. لا تكون تلك السلاسل شديدة الترابط فيما بينها ويمكن التعرف عليها وفصلها الواحدة عن الأخري، مثلاً عن طريق نفاذ جزيئات المذيب: ويعني هذا أننا في وجود بوليمرات سائلة أومنصهرة: تنتمي تلك البوليمرات لمجموعة البوليمرات المتلدنة بالحرارة (ثرموبلاست) thermoplastiques.

في حالة ما إذا كان في البناء ما يكفي من المونوميرات التي لها قدرة على الإرتباط مع ثلاثة أو اربعة آخرين، أو ايضاً عند إحتواءه على جزيئات أوذرات قادرة على الإرتباط بشكل متين مع سلسلتين عن طريق إقامة وصلة إسهامية الترابط covalente مع كل منهما، فعندئذ يأخذ البوليمر شكل النسق ثلاثي الأبعاد ولا نتمكن من عزله بدون إنفصام الروابط الكيميائية القوية فيصبح شبكي الشكل reticulé: غير قابل للذوبان ولا الإنصهار منتمياً لمجموعة المواد المتصلبة بالحرارة thermodurcissables.

توضح درجة البلمرة العدد المتوسط من المونوميرات المرتبطة ببعضها في بوليمر ما (وهذا يمكن أن يختلف في حدود عدة مئات من الملايين) وكلما إرتفع زادت معه كتلة المول للبوليمر.

نستخدم في اغلب الأحيان لدائن سابقة البلمرة في محلول أو مشتت، غير اننا نستخدم أيضاً مونوميرات من التي تتبلور في الموضع *in situ* عند استخدامها ومركبات سابقة البلمرة prépolymères وهي جزيئات ضخمة تكون في الأصل طويلة جداً، غير أن درجة بلمرتها قد تم التحكم فيها بطريقة صناعية وهي تكمل إرتباطها ببعضها البعض بشكل خطي او بشكل تشابكي في وقت الاستعمال.

تُعرف اللدائن التخليقية بدرجة حرارة التحول المتزجج لها transition vitreuse Tg: والتي تحتها تكون اللدائن صلبة وقابلة للكسر، وفوقها تصبح مرنة ومطاطية.

درجة حرارة التحول المتزجج هي درجة الحرارة التي فوقها يكون لدينا شيء من الحركية للسلاسل بالنسبة لبعضها البعض. الكثير من العوامل قد تكبح تلك الحركية: كأبعاد السلسلة (درجة بلمرتها) وصلابتها وتداخلها ووجود روابط OH فيما بينها، واخيراً درجة تشابكها. تختلف قيمة Tg إذاً بشكل كبير على حسب نوع البوليمرات فتلك التي تكون شديدة التشابك لا يكون لها Tg. العديد من الراتنجات الثرموبلاستية المستعملة في الحفظ والترميم يكون لها Tg قريب من درجة حرارة الغرفة. وتكون تلك الخاصية هامة جداً بالنسبة لنا. تحت Tg فإن البوليمرات لا تنساب ولكنها تتشوه قليلاً تحت تأثير الاجهادات قبل أن تنكسر (فهي مثلاً لا تتبع حركات المادة الموضوعة عليها). اما فوق Tg فانها يمكن أن تنساب تحت تأثير الاجهادات لتُظهر سطح لاصق جاذب للغبار (مثل تغبير الفرنيه، أو تشكل اللاصق). يمكن أن تتغير قيمة Tg على مر الزمن: وهي تنخفض بفعل الاجهاد الممتد مع الزمن.

تتبدل خصائص الراتنجات بتقادمها ويكون ذلك بشكل لحد ما سريع على حسب إستقرارية كل بوليمر. آليات ذلك التقادم تكون ظهور إنفصام في السلاسل وظهور روابط فيما بينها (تشابك)، وتاكسد السلسلة الرئيسية أوالمجموعات الجانبية التي تحملها. تكون الظواهر المحتمل ظهورها هي: ضعف الأداء الميكانيكي، عدم قابلية الذوبان، الإصفرار.

لمعرفة المزيد: Petit, Vallot, 1988؛ Witte (De), 1983؛ *Adhesives and Coatings*, 1983؛ Horie, 1987.

تذكرة رقم ٦

بعض الراتنجات السليلوزية المستعملة في الحفظ والترميم

الراتنجات السليلوزية هى من مشتقات السليلوز وهي تشتمل على:
– إستريات السليلوز، والتي من ضمنها أستات السليلوز (للقيام بالتدعيم فى حقل الحفريات) ونترات السيليلوز (للصق الخزف)، وهى دائماً تستعمل فى المحلول فى مذيبات عضوية. تلك الراتنجات يكون لها Tg مرتفعة، وتكون غير مستقرة عند التقادم. بعض اللواصق المباعة فى الاسواق فى أنابيب (لواصق لكافة الأغراض universelles) تكون مكونة أساساً من نترات السليلوز مضافاً اليها ملدن.
– إثيرات السليلوز، والتي تشتمل على مجاميع فرعية مختلفة مثل: كربوكسي ميثيل السليلوز (CMC.، مغلظ معامل، مانع للترسيب يستعمل فى تنظيف المنسوجات)، وهيدروكسي إيثيل السليلوز (HEC)، وهيدروكسي بروبيل السليلوز (HPC). تلك المنتجات المذكورة آنفاً تكون مذابة فى المذيبات العضوية (HEC)، أو فى الماء والمذيبات العضوية (HPC) وتستعمل بالاخص كلواصق لتبطين المواد المرنة أوكمثبتات للأسطح الكامدة (مات).
– الراتنجات الڤينيلية
فى مجال الحفظ والترميم نستخدم بالأخص أستات البولي ڤينيل (PVAC) والكحول البولي ڤينيلي (PVAL).
الPVAL وهو بوليمر متجانس متشعب له Tg قريب من درجة حرارة الوسط. ويُصنع فى تشكيلة كبيرة من كتلة المول، ويستعمل فى صورة مشتت مائى («لاصق خشب»، «لاصق أبيض») أو فى محلول مذيب عضوى (وهذا هو الراتنج المستعمل فى اغلب اللواصق متعددة الإستخدام الموجودة فى الأسواق). الPVAC يحتفظ بقابلية للذوبان على مر الزمن، ولكن المشتتات المائية التى تحتوى على العديد من الاضافات، تتصرف بشكل أسوأ عند التقادم. ويستخدم PVAC بالذات كلاصق، ومدعم، ورابط للطلاء والدهان. يتم الحصول على الـPVAL بتميا الـPVAC ويشتمل على مجموعات HO عديدة. خواص ال PVAC تختلف بدلالة كتلته المولية ودرجة تمياه (وكلما كانت تلك الدرجة مرتفعة كلما أصبحت الراتنجات أكثر ذوباناً فى الماء وتعطى محاليل ذات توتر سطحى مرتفع).
ال PVAL يستخدم بالذات للتدعيم في ذات المكان *in situ* للمواد الأثرية الرطبة، وذلك راجع لقابليته للذوبان فى الماء. غير انه يظهر بعض الاسترطاب hygroscopicité عند نسب الرطوبة النسبية HR المرتفعة ويطرح تقادمه لمشاكل جادة (تفاعل مع بعض طبقات الترسيب، وبالاخص بعض الاملاح غير العضوية، وتشابك وعدم قابلية للذوبان).
– الراتنجات الأكريليكية هى فى غالبها مقامة بدءاً من مجموعتين من المركبات بسيطة الجزيئات:
– الأكريلات مشتقات من حامض الأكريليك.
– الميتا أكريلات (مشتقات من حامض المتاكريليك) يمكن أن تستخدم البولميرات الاكريليكية فى المحلول في تشكيلة كبيرة من المذيبات العضوية. البرالويد B 72 هو واحد من الراتنجات الأكثر استخداماً: وهو بوليمر مشترك من الايثيل ميتا كريلات (EMA) ومن الميثيل أكريلات (MA). وهو عديم اللون وشفاف (معامل إنكساره مابين 1.47 و1.49). تكون Tg الخاصة به أعلى قليلا من درجة حرارة الوسط (40 درجة سلسيوزية (سلزية) حسب ما ذكر Horie و49 درجة حسب De Witte). ويستعمل بالذات كمدعم. وهو لايتوافق مع الماء (تبييض). ويعتبر مستقر تماماً فيما يخص التقادم عند ظروف حفظ جيدة.

البوليمرات الأكريليكية تتواجد كذلك فى تشتت مائى فطبيعة اللدائن ومقاس جزئياتها المشتتة تختلف على حسب المنتجات.
المشتتات تستعمل فى التدعيم (للمواد الرطبة) كلواصق للتبطين بالنسبة للرسم المصور peinture.
توجد بعض الاستخدامات فى الترميم للمركبات بسيطة الجزيئات (المنومير) الأكريليكية المتبلمرة فى ذات الموضع *In situ* نذكر منها:
- اللواصق المكونة أساساً من السيانو أكريلات، ذات الشك السريع وغير القابلة للارتشاح فى تكوين مغلق، والتى فيها تمتنع البلمرة فى أنبوبة اللاصق بفعل حامض، فى حين تحفز بواسطة مجاميع OH الموجودة على الأسطح المطبقة عليها ويكون عدم استقرارهم مع الزمن مؤكدا.
- المركبات بسيطة الجزيئات (منومير) لمثيل ميتاكريلات (A M. M.) المبلمرة فى ذات الموضع *In situ* تستخدم لتدعيم الأحجار عن طريق التشعيع باشعة جاما أو بالتسخين.

لمعرفة المزيد: *Adhesives and Coatings*, 1983; De Witte, 1983; Horie, Petit, Vallot, 1988.

تذكرة رقم ٧

بعض الراتنجات المتصلدة بالحرارة المستعملة فى الحفظ والترميم

تُظهر الراتنجات المتصلبة بالحرارة thermodurcissables بعد بلمرتها، بناء ثلاثي الأبعاد مستمر: فتتشابك. تنفذ المذيبات بصعوبة فى ذلك البناء المترابط بروابط كميائية قوية. ولاتذيب إذاً تلك البوليمرات ولكن يمكن فى بعض الأحيان أن تتسبب فى انتفاخها.

تلك «اللارجوعية» للراتنجات المتلدنة بالحرارة هى العائق الرئيسي لاستخدامها فى الحفظ والترميم ولكن فى المقابل، يمنحها تماسكها الداخلي القوى خواص ميكانيكية ومقاومة لعوامل التغيير الكيميائية وهذا ما قد نحتاجه احياناً فى حالات مثل:

– لصق المواد الثقيلة جداً (الاحجار)، أو عندما يكون علينا تجميع قطع ذات أسطح تلاصق صغيرة جداً (الزجاج) أوايضاً وصلات مُحملة بشكل كبير (ذراع ممدودة لتمثال مثلاً)؛

– تشرب المواد المسامية (أحجار، خزف) المعرضة لظروف مناخية غير قابلة للتحكم فيها.

الراتنجات الإيبوكسية التى نستعملها تكون فى صورة منتجات ذوات مكونين: راتنج خطي، سبق بلمرته ويكون لحد ما لزج، وقد يكون فى صورة محلول فى مذيب متطاير، يكون مُعرف بمجموعة groupement متفاعلة بشكل كبير، مجموعة الإيبوكسي ومصلد، أو عامل تشابك، والذى عند خلطه بالراتنج يسبب التشابك réticulation. ذلك التفاعل ينبعث منه حرارة ويصاحبه تراجع طفيف.

توجد تشكيلة كبيرة من الراتنجات الايبوكسية تستعمل بالذات كلواصق ولكن ايضاً كمادة لسد الفراغات وكمدعم. خصائصها العامة هى كالآتى:

– تلاصق جيد على اغلب المواد؛

– اداء ميكانيكي جيد جدا، فى نطاق واسع من درجات الحرارة؛

– مقاومة كيميائية جيدة بشكل عام، بالاخص للمذيبات وللرطوبة، ولكن يصيبها الإصفرار فى بعض الحالات عند تعرضها للضوء.

يتصلد الخليط راتنج–مصلد بسرعات مختلفة على حسب المنتج. بعض المواد الايبوكسية تكون سائلة بشكل كافي وتبقى لمدة طويلة حتى ترتشح بالخاصية الشعرية فى تكوين مغلق.

راتنجات البوليستر نحصل عليها أيضاً بالتشابك فى ذات الموضع. عامل التشابك يكون فى بعض الأحيان فى الخليط، ينتج التفاعل بإضافة عامل وسيط (مساعد) catalyseur وينبعث منه حرارة. الراتنجات يمكن لها أيضاً أن تنكمش عند التعرض للحرارة أواشعة جاما (نظام ستيرات–بوليستر styrène-polyester). يكون التراجع أكبر عما هو فى المواد الإبوكسية. لايمكن استعمال البوليسترات على مادة رطبة، أوفى جو رطب جدا أو بارد. فهي بعد التصلد، تكون حساسة للضوء (إصفرار)، وللقواعد، والسيتينات cétones، والمذيبات الكلورية (محتوية على الكلور). وتستعمل بالذات كمادة لسد الفراغات (فهى تكون شفافة وعديمة اللون)، وكذالك كلواصق ومدعمات.

راتنجات البوليورتان يكون لها بعض الاستخدامات فى الترميم، كتغطية حامية (للزجاجيات «الزجاج المعشق»)، كطلاء لامع (ڤرنيه) أوكرابط للمسات التهذيبية (رتوش) (خزف صينى، خزف مزخرف) أو كمادة سند (حشو) (رغاوى متمددة). وهى راتنجات ناتجة عن تفاعل الأيزوسيانات مع كحول عُدادى polyalcool.إذا كان الكحول العُدادى ثنائي الكحول، فإن الراتنج يصبح خطي. وإذا كان ثلاثي الكحول فإن الراتنج يصبح متصلد بالحرارة. وهى مواد حساسة للاكسدة الضوئية. يجب علينا جذب الانتباه لسميتها الشديدة.

السليكونات وهي تسمى أيضاً البولي سيلوكسانات polysiloxanes وهي بوليمرات مكونة من جزء غير عضوي (مجموعات -Si-O- ذات خاصية قطبية طفيفة) وجزء عضوي (مجموعات $-CH_3$, $-C_2H_5$, ...، ذات طبيعة قطبية بشكل واضح). على حسب طبيعة الشق العضوي المرتبط بذرات السليكون، فاننا نحصل على منتجات شديدة الاختلاف: مركبات بسيطة الجزيئات (منومار) تتبلمر في ذات الموضع *in situ*، مكونتا نسق من السيلكا المرتبط مع دعامة الترسيب substrat (سليكات الإيثيل)، وهو عامل وصل يرسخ راتنج تخليقي آخر مع مادة سليكونية (سيلان silane)، بوليمرات مُسبقة prépolymères تتصلد بعد التطبيق (راتنج لعمل قالب)، لاصق يعطي روابط مرنة ومقاومة للماء (لواصق السليكون).

لمعرفة المزيد: *Adhesives and Coatings*, 1983; Horie, 1987; Vallot, Petit, 1988.

تذكرة رقم ٨

اللصق

المقاومة التى تبديها تركيبة مجمعة عن طريق اللصق للقوى ذات القدرة على إحداث إنفصام بها تعتمد على مجموعتين من العوامل:
- التآلف للاصق مع الأسطح المطلوب تجميعها،
- التماسك الداخلي للغشاء اللاصق (الفيلم) الذى يجمع تلك الأسطح.

المقاومة المرجوة للصق المستعمل في الترميم لاتُقيم على حسب المقاييس الصناعية أو المنزلية المعتادة. عندما يتعرض جسم مُلصق لإجهاد شديد، فاننا نتسآل اين سيتم الكسر المحتمل؟:
- عند السطح البيني لاصق/قطعة، إذا كان غشاء اللاصق صلب ولكن ضعيف التلاصق؛
- عند غشاء اللاصق، إذا كان الغشاء ملتصق بشكل كبير ولكن غير صلب؛
- غير أنه إذا كان الغشاء متلاصق بشدة وأصلب من القطعة: فإن الكسر يحدث في القطعة نفسها.

فالالصق المستخدم فى الترميم يكون على قدر الإمكان حل وسط: فالتركيبة المجمعة يجب ان تكون لحد ما قوية حتى نضمن التكامل الذى استعادتة القطعة، ولكن لايجب أن تكتسب المناطق المجمعة خواصا مكانيكية قوية جدا، حتى تنكسر القطعة عند المناطق التى كان بها كسر قبلا عند التعامل معها بشكل مغالي فيه، وليس عند المناطق السليمة.

ويكون لنا اهتمامات أخرى خاصة: الثبات والارجوعية على المدى البعيد للواصق المتوافقة مع المادة المراد لصقها، عند اجراء اللصق وبعده، من الزاوية الميكانيكية (يكون لحشوة وصل (چوان) مثلاً القدرة على تتبع الحركات المحتملة للقطعة -حيث ان المادة تكون مرنة اومسترطبة، إلخ...-)، ومن الزاوية الكيميائية (اللصق لايجب أن يحدث تغير في القطعة)، وفى بعض الأحيان من الزاوية البصرية (لون، شفافية).

يقتصرالاستخدام فى الحفظ والترميم،على لواصق يتم تطبيقها فى الحالة السائلة: ويجب أن يكون لها القدرة على البلل، والتلاصق، والتصلب. يمكن لنا تعريف اللواصق التى نستعملها على حسب آلية التصلب:

- اللواصق المذابة في المحلول في مذيب عضوي أوفي الماء، واللواصق المشتتة فى الماء تشك بتبخر السائل الحامل لها. وهى راتنجات متلدنة بالحرارة (ترموبلاست) تم بلمرتها (أكريليكية، ڤينيلية، سليلوزية) أو جزيئات ضخمة macromolécules طبيعية (صمغ، عصارة راتنجية صمغية، مثلا) وهي تتقارب وتتكاثف خلال الشك لتكوين غشاء صلب. التراجع المصاحب للتصلد يكون كبير ويمكن ان يعمل على ايجاد شد على الأسطح الملصقة. زمن الشك يعتمد اساسا على سرعة تبخر المذيب أو الماء، ويكون هذا مرتبط بتطايرها الذاتي، ولكن أيضاً باحتمال احتباسها عن طريق اللاصق والظروف المحيطة (درجة الحرارة، الاسترطاب). إختيار المذيب (متطاير بشكل قليل اوكثير)، والتركيز (محلول لزج بشكل قليل او كثير) يعطينا هامش معين لكيفية التعامل بالنسبة للشخص المستخدم. الروابط تكون اساساً رجوعية إلا إذا حدث تشابك réticulation للراتنج عند التقادم. يعتمد سلوكها الميكانيكي على طبيعة الراتنج، وعلى درجة البلمرة، ودرجة الحرارة الانتقالية للطور المتزجج؛
- اللواصق الملتصقة بالحرارة thermo-adhésives تستعمل على الساخن فوق درجة حرارة إنصهارها، وتتصلب بالتصلد على مر التبريد. يجب أن يكون فى مقدور القطعة تحمل هذه الزيادة فى درجة الحرارة.

– اللواصق ذات التفاعل الكيميائي هى غالباً مركبات بسيطة الجزئيات(منومار) momomères (سيانوكريلات) أو بوليمارات مُسبقة prépolymères تتصلد داخلياً فى التركيبة أثناء بلمرتها أو تشابكها (إيبوكسي، بوليستر). معاملات متعددة يمكن أن تؤثر (تعجيل، تباطئ، منع) فى التفاعلات المحدثة لتلك التصلبات (درجة الحرارة، الرطوبة)؛ فى أغلب الأحيان، يجب خلط إثنين من المكونات حتى نحصل عليهم، ولكنها يمكن أيضاً أن تنشأ عن طريق جلب طاقة (أشعة فوق البنفسجية U V) أو نتيجة لبعض خواص الأسطح المطلوب لصقها. تلك اللواصق يجب فى الغالب إذاً أن تستعمل بشكل منضبط حسب تعليمات المنتجين. العديد من تلك اللواصق هى من اللواصق القابلة للتصلد بالحرارة (إيبوكسي، بوليستر) أو القابلة للتلدن بالحرارة وذات درجة بلرمة عالية (سيانو-أكريلات)، مما يعطى روابط ميكانيكية مقاومة جدا، قليلة أو منعدمة الرجوعية فى المذيبات العادية.

يوجد طرق عدة لشرح ظاهرة الإلتصاق: التعلق الميكانيكي على المقياس المكروى والعياني، فيما بين الأسطح المراد لصقها؛ نوع ما من المعبرية pontage التى يأتى بها البوليمر الذى يكون راسخاً بشدة على سطح ما ومنتشراً في الأخرى؛ وأخيرا الظهور المحتمل لوصلات مختلفة فيما بين اللاصق والأسطح، وهى وصلات ضعيفة، مثل قوي فان دار فلز Van der Walls، أواكثر قوة،مثل الوصلات الأيونية، والهيدروجينية أو حتى الاسهامية الترابط. كل تلك النظريات تسلط الضوء على المقياس شديد الصغر الذي تجرى فيه آلايات الإلتصاق:الشوائب السطحية، الآثار الدقيقة للدهون، الشقوق التى لم يفرد عليها اللاصق أوالنواقص التى يتركها على السطح عندما ينفذ الى مسام المادة معرضاً استمرارية وصلابة الوصلة للخطر. الأسطح المراد لصقها يجب أن يتم تنظيفها بعناية حتى نحصل على الحد الأقصى من نقط التلاصق؛ يجب أن تكون الوصلة رقيقة ومنتظمة ولهذا يجب أن يكون التوتر السطحي للاصق منخفض لأقصى حد ممكن، في حين أن لزوجته يجب أن تتوافق مع مسامية المادة المراد لصقها.

لمعرفة المزيد: *Adhesives and Coatings*, 1983; Meynis de Paulin, 1974.

تذكرة رقم ٩

المواد الماصة

وهى وسيلة غير ميكانيكية للتحكم فى الرطوبة النسبية للأحجام الصغيرة (أقل من ١ م٣).
المواد الماصة تنقسم إلى نوعان:
- مواد ماصة تعمل بالإمتزاز؛
- مواد ماصة تعمل بالإمتصاص.

المجموعة I
المواد الماصة من تلك المجموعة يكون لها قدرة على إمتزاز أومج بخار الماء؛ الإمتزاز هو ظاهرة فيزيوكيميائية سطحية وتُمكن من استبقاء جزيئات الغاز أو السائل فى داخل جسم مسامي أو متذري.
حتى يمكن لمادة ان تُستخدم كمادة ماصة، فانه يجب ان يكون لها الخواص الآتية:
- ان يكون لها نسق شعيري مسامي (وهذا يعنى قنوات دقيقة جداً مفتوحة للخارج)؛
- يجب أن يكون النسق الشعيري منبسط بشكل كافي لكي يمنحنا أكبر سطح ممكن للإمتزاز (مساحة نوعية أو مساحة كتلية)؛
- يجب ان يكون لمواد الجدران شئ من التآلف مع بخار الماء حتى يمكن إقامة روابط ذات طبيعة فيزيائية أوكيميائية فيما بين الطورين (سليلوز أو سيلكا مثلا).

المجموعة II
لا تؤثر كل المواد الماصة على الوسط المحيط تبعا لعملية الإمتزاز. فالمحاليل الملحية مثلاً، تستخدم مقدرة بعض الأملاح المسترطبة على أن تكون في توازن فيما يخص الامتزاز مع بخار الماء في الهواء المحيط. والأمر يعني هنا ظاهرة مختلفة عن الإمتزاز من حيث وجود ذوبان حقيقي، لحد ما كامل، للطور الغازي (بخار الماء) في الطور الصلب (ملح متميع déliquescent).
فالملح يمكن له إذاً أن يمتص بخار الماء عندما يمتلك المحلول المشبع جهد للبخار أقل من الجهد المتوسط لبخار الماء في الوسط الجوي. وسيكون هناك إمتزاز للماء حتى يناظر جهد البخار للمحلول لجهد الرطوبة في الوسط الجوي.
وبهذا الشكل فإن بعض الأملاح سيكون لها القدرة على التزهر أو التميع على حسب ما تكون الدرجة المرطابية (الهيجروميترية) للهواء أقل أو أعلى من بعض القيم الحدية.

تذكرة رقم ١٠

چل (هلام) السيلكا

يستخدم چل (هلام) السيلكا للتحكم في الرطوبة في الأحجام أقل من ١م٣. فالچل مع المبين Indicateur يتغير لونه عندما يمتص بخار الماء: فمن الأزرق الحاد عند كونه لا مائي يتحول إلى البمبي الفاتح عندما يتميأ. بدأ من ٣٠ ٪ رطوبة نسبية فان الچل يتحول تماما إلى اللون البمبي بحيث ان المبين الملون يصبح غير ذو فائدة للتحكم فى الرطوبة فيما فوق هذه القيمة.
الچل بدون مبين يبقى أبيض بغض النظر عن قيمة الرطوبة النسبية.
يمكن لچل السلكا أن يُستعمل لاستقرارية، أو إزالة الرطوبة، أو ترطيب الأحجام جيدة الاحكام.
الإستقرارية: وهى الميل الطبيعى للمواد الماصة لكى تخلق لنفسها توازن مع الهواء المحيط. ففي علبة أو دولاب عرض سيعادل الچل التغير فى الرطوبة النسبية عن طريق امتزاز أو مج كمية بخار الماء الأزمة لمعادلة التغيرات.
إزالة الرطوبة: فهو يمكن أن يحافظ على رطوبة نسبية عند نسبة أقل من ٤٠ ٪. ويلزمنا شحنتان، شحنة تعمل فى دولاب العرض الزجاجي أو صندوق التخزين وشحنة مُنشطة فى انتظار الاحلال للچل المستهلك حال ما نصل الى القيمة الحرجة للمواد المعنية.
الترطيب: يمكن له ان يجلب الرطوبة لهواء شديد الجفاف (يمكن التحكم فى رطوبة المواد العضوية بتلك الطريقة). هنا أيضا تلزم شحنتان: شحنة فى الخدمة وأخرى مُجهزة عند النسبة المئوية المرجوة من الرطوبة النسبية، جاهزة لاخذ مكان الاولى. وهذا الاستخدام هو الأكثر حساسية لچل السلكا لانه يتطلب مراقبة يقظة للتطور المرطابي للحجم المطلوب معالجته وللتعاملات التى قد تتعدد لاسترجاع قيم عتبات الرطوبة النسبية المحددة.

كيفيه تجهيز چل السيلكا

تجهيز چل السيلكا يتم بطرق مختلفة على حسب رغبتنا فى نزع الماء منه أوفى ترطيبه:
– لنزع الماء منه فاننا نقوم بتسخينه فى فرن تحميص أو فرن منزلي. ترص الحبات بسمك بسيط فى إناء معدني ويسخن الچل فيها ما بين ١٢٠ و١٥٠ درجة سلسيوز. وكلماكانت درجة الحرارة مرتفعة، كلما قصر زمن تحفيزه activation. عند تمام جفافه يتم وضعه بعد خروجه من الفرن في إناء إسطواني معدني قابل للغلق باحكام؛
– يجب ان نصل بالچل الى جعله قادرا على امتزاز الكمية من بخار الماء التي ستسمح له بتجهيز conditionner حجم معين عند نسبة معينة من الرطوبة النسبية. وللوصول لهذا نلجأ إلى ثلاثة طرق:
١– وضع چل السيلكا فى وسط جوي متحكم فيه بفعل مسترطب ما.
٢– وضع چل السيلكا فى وعاء رطوبته النسبية متحكم فيها بفعل مادة ماصة أخرى، أو بالأحرى في محلول ملحي مشبع.
٣– عن طريق حساب كمية بخار الماء الأزم إضافتها لوزن چل السيلكا الجاف للوصول إلى نسبة الرطوبة THE المطلوبة.
مثال: مطلوب حساب وزن چل السيلكا اللازم لحجم ٠,١٢٥ م٣ (مكافئ لمكعب طول ضلعه ٠,٥ م) نرغب في تجهيزه عند رطوبة نسبية ٥٥ ٪، مع العلم أنه يوصى باستخدام كمية من چل السيلكا تساوى ٢ كجم لكل م٣.

– وزن چل السيلكا اللازم:
٢٠ كجم x ٠,١٢٥ = ٢,٥ كجم
– وزن چل السيلكا الجاف اللازم: كمية چل السيلكا الازمة ل (١٠٠ + .T.H.E من چل السيلكا)
(٢,٥ كجم x ١٠٠) / (١٠٠ + ٢٨) = ١,٩٥ كجم
– كمية الماء المطلوب إضافتها إلى الچل الجاف:
٢,٥ كجم – ١,٩٥ كجم = ٠,٥٥ كجم (أو لتر)

يجب اذا وضع ٠,٥٥ لتر من الماء لتبخيره، فى وجود ١,٩٥ كجم من چل السيلكا اللا مائية فى وعاء محكم، حتى الامتزاز الكلي لبخار الماء للحصول علي چل سيلكا قادر على تهيئة حجم ما عند 55 ٪ رطوبة نسبية.

قيمة ال T.H.E لل actigel:

[الرطوبة النسبية للهواء]:	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٤٥	٥٠	٥٥	٦٠	٦٥	٧٠
[T.H.E أوجرام من الماء الممتز:	٩	١٢	٢١	٢٣	٢٥	٢٧	٢٨	٢٩	٣٢	٣٤

لكل ١٠٠ جرام actigel
(سعة الامتزاز)]

لمعرفة المزيد: R.H. Lafontaine, 1984; G. Thomson, 1977; N. Stolow, 1987.

تذكرة رقم ١١

ملف تسجيل المعالجات

لا يوجد ملف (دوسيه) أو بطاقة نمطية، قابلة للتطبيق لكل المواد وفى جميع المواقع الأثرية: فملف المعالجا ت الجيد هو ملف متوافق مع الحالة المعتبرة، مصمم بدلالة العوارض المرتبطة بتنقيب معين أوخواص مجموعة معينة من القطع (مثال لبطاقة مصممة للقطع الزجاجية الأثرية قد عرض فى الباب الرابع). غيرأن أى ملف يجب أن يشتمل على بعض الزوايا العريضة.

التعريف identification

رقم التسجيل (رقم التعريف الأثري)، إسم المسؤل عن القطعة، إسم المسؤل عن المعالجة

تعيين (تسمية)، تأريخ

طبيعة المواد، والتقنيات

وصف لما قبل المعالجة، ويجوز وضع صور فوتوغرافية، ورسوم، وبيان الوزن والأبعاد

ويجوز ذكر الملاحظات التقنية الخصوصية والمتوازية المثيرة للاهتمام

حالة الحفظ

نوع ودرجة التغيير

التنويه المحتمل للاختبارات والتحاليل المُكملة التي عُملت

الرابطة المحتملة مع إطار الدفن، وظروف الترك، إلخ...

المعالجة

اهداف المعالجة

ذكر كل التدخلات التي تمت بشكل واضح ومحدد، مع إحتمال بيان موضعها

يحتمل وضع صورة فوتوغرافية (أثنا ءالعمل وبعده)، ورسوم، وبيان الوزن والأبعاد بعد المعالجة.

الحفظ على المدى الطويل

نصائح لأجراء الصيانة (ضوء، رطوبة نسبية).

إذا لزم الأمر عمل قاعدة أو تغليف خاص: فيجب إرفاق نشرة شارحة

اذا لزم الأمر مراقبة خاصة: ذكر تكرارية واجراءات التفتيش المرجو.

تذكرة رقم ١٢

خطورة المواد المتعامل معها

أغلب المواد المستعملة على مدار عمليات المعالجة للحفظ والترميم تكون خطرة. تبدأ المخاطر التي تسببها من أول نقلها وتخزينها: فقد تكون آكالة، قابلة للاحتراق، قابلة للانفجار. من بداية حصولناعلى المنتج فانه يجب عليناالاجابة على الأسئلةالتالية: فى أى نوع من الأوعية يجب علينا تخزينه؟ أيجب ان يكون بمعزل عن الضوء؟ فوق درجة حرارة معينة؟ أيمكن ان يُخزن مع المواد الأخرى أو يجب ان يُعزل عن تلك المواد.

البطاقات التعريفية اللاصقة (تيكت) يجب ان تكون واضحة جدا ويجب أن تشير إلى تلك المخاطر. من بداية تجمع أية مجموعة صغيرة منها فان التجهيزات الخاصة يجب أن تُؤخذ فى الحسبان من أجل استقبالها (دواليب للمذيبات). يكون الخطر الأعظم المحيق بالمرممين والقائمين بالحفظ هو خطر السمية وذلك بسبب عدم درايتهم به.

تكون المذيبات متهمة بشكل خاص فى هذا الامر. تُعرف المادة السامة بكونها مادة يمكن لها اختراق الجسم، وتتسبب فى تاثير ضاره. الوقاية الوحيدة الممكنة من أخطار المواد السامة هى إعاقة اختراق المادة السامة إلى داخل الجسم. طرق الاختراق تكون كالآتى:

- بالاستنشاق
- عن طريق الجلد
- عن طريق البلع

لتجنب الاستنشاق (جزيئات أو قطرات معلقة فى الهواء أو سائل طيار): يجب عمل تهوية لأماكن العمل وللمبنى (العمل تحت مدخنة بها شفط للهواء)، قناع واقي.

لتجنب ملامسة المواد السامة للجلد: قفاز، غطاء للوجه (ماسك)، أو يمكن ايضاً اللجوء إلى النظارات.

لتجنب البلع يحظر التدخين، ويجب عدم الاكل أو الشرب بالقرب من أماكن العمل، عدم تخزين أطعمة فى أماكن العمل.

يجب التفريق فيما بين التسمم الحاد وهو تسمم على المدى القصير، ويُلاحظ بشكل فوري، ويكون خطر فى بعض الأحيان، غير انه يكون رجوعي عند إزالة المادة السامة، ونوبات التسمم وهو تسمم على المدى الطويل وهو مرض غادر يكون مرتبط بالملامسة المتكررة لكميات غالبا ماتكون متناهية فى الصغر من المادة السامة. عندما يحدث تعدى لقدرات الجسم على استبعاد السموم فاننا نكون قد وصلنا إلى «عتبة حد الجرعة» وتظهر عندئذ الظواهر السمية. وأخيراً، فان بعض المنتجات الأخرى التي ليس لها ظاهرة العتبة تلك، تسبب عند كل تعرض «إلتهابات مكروية» microlésions تسبب فى مجملها تنوع من الأمراض الخطرة، التى تكون في الأغلب لارجوعية (تاثير سرطاني مثلا).

يجب اذا تطبيق قواعد صارمة عند استعمال تلك المواد، بدون انتظار ظهور تسمم ظاهر حتى يُنذرنا، ويجب معرفة خواص أى منتج يكون علينا استعماله (كيفية الاختراق، نوع السمية) حتى تاخذ بوسائل الحماية الازمة.

لمعرفة المزيد: المعهد القومى لابحاث الأمان (I.N.R.S.) بطقات السمية ومنشورات متخصصة أخرى.
عنوانه: 30, rue Olivier Noyer, 75014, Paris.

A. Clydesdade, *Chemicals in Conservation. A Guide to Possible Hazards and Safe Use*, Scottisch Society for Conservation and Restoration. Scotish Development Agency, Edinburgh, 1982.

البيبليوجرافية

Bibliographie

Abad Casal 1982 : Abad Casal L. — Aspectos tecnicos de la pintura mural romana. Lucentum I. *In* : Annales de la Universidad de Alicante, 1982.

Abdurazakov 1971 : Abdurazakov A.A. — Etude chimique des verres d'Asie centrale. *In* : Congrès International sur le Verre, IX, Versailles, 27 septembre-2 octobre 1971.

Adam 1982 : Adam J.P. — Bilan d'une mission à Pompéï : causes de destructions et propositions de restauration d'un site antique. Centre Jean Bérard, Naples, missions 1981-1982.

Adam 1984 : Adam J.P. — La construction romaine, matériaux et techniques. Picard, Paris, 1984.

Addyman 1980 : Addyman P.V. — The requirements of archaeologists. Conservation, Archaeology and Museums. *In* : Occasional papers n° 1, UKIC, 1980.

Adhesives and coatings 1983 : Adhesives and coatings. *Crafts Council Conservation Science Teaching Series*, 3, Crafts Council, Londres, 1983.

A.I.C. 1979 : Code of ethics and Standards of Practice. American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Committee on ethics and Standards, 1979.

Alcamo 1986 : Alcamo J.-Cl. — La dénomination des productions de vaisselle commune. *Sites*, n° hors série 29, Association française d'archéologie métropolitaine, Avignon, 1986.

Allag , Barbet 1972 : Allag C., Barbet A. — Techniques de préparation de parois dans la peinture murale romaine. MEFRA, 84, 1972.

Allag et al. 1987 : Allag C., Barbet A., Galliou F., Krougly L. — Guide catalogue. Peintures Romaines. Musée de Vaison la Romaine. Dir. Région. des Antiquités Provence-Alpes-Côte d'Azur et Ville de Vaison la Romaine, 1987.

Allag , Krougly 1987 : Allag C., Krougly L. — Aperçu des méthodes d'étude et de restauration. *In* : Peintures romaines. Musées de Vaison-la-Romaine, Aix en Provence, 1987.

Allen 1984 : Allen K.W. — Adhésion et adhésifs : principe de base. *In* : (IIC, Paris, 1984), p 1-8.

Alva, Chiari 1984 : Alva A., Chiari G. — Protection and presentation of excavated structures of mudbrick. *In* : (Stanley Price, 1984), p. 109-120.

Amoignon, Larrat 1984 : Amoignon J., Larrat P. — Traitement des bois gorgés d'eau par lyophilisation à la pression atmosphérique — Applications aux objets de grandes dimensions. *In* : Groupe de Travail des Bois Gorgés d'Eau de l'I.C.O.M., Grenoble, CETBGE, 1984, p. 181-186.

André 1976 : André J.M. — Restauration de la céramique et du verre. Office du livre, Fribourg, 1976.

Andreeva, Tcheremkhin 1987 : Andreeva L.N., Tcheremkhin V.I. — On the possibility of using burnt ceramic masses for making up damaged ceramics. *In* : Sixth International Restorer Seminar, Veszprém, National Center of Museums, Budapest, 1987, p. 437-39.

Angelucci et al. 1978 : Angelucci S., Fiorentino P., Kosinkowa J., Marabelli M. Pitting corrosion in copper and copper alloys : comparative treatments tests. *Studies in Conservation*, 23, 1978, p. 147-156.

Antomarchi, Guichen 1987 : Antomarchi C., Guichen (de) G. — Pour une nouvelle approche des normes climatiques dans les musées. *In* : ICOM, Sydney, 1987, p. 847-852.

Aoki 1987 : Aoki S. — Conservation of excavated iron objects in Japan. *In* : (Recent Advances, 1987), p. 93-96.

Archer, Barker 1987 : Archer P.J., Barker B.D. — Phase changes associated with the hydrogen reduction conservation process for ferrous artifacts. *In* : Journal of Historical Metallurgy Society, 21, n° 2, 1987, p. 86-89.

Argo 1981 : Argo J. — On corrosion in iron. *In* : ICOM, Ottawa, 1981, p. (81.23.5)1-3.

Argo 1982 : Argo J. — Treatments of corrosion with amines. *Conservation News*, UKIC, 17, 1982, p. 7-9.

Arnaud 1978 : Arnaud P. — Cours de chimie organique. *In* : Coll. Enseignement de la chimie, Gauthier-Villars, Paris, 1978.

Ashley-Smith, Moncrieff 1984 : Ashley-Smith J., Moncrieff A.J. — Experience with silica gel for controlling humidity in showcases. *In* : ICOM, Copenhague, 1984, p. (84.17)1-5.

ASSIRCO 1981 a : ASSIRCO — La conservazione dei monumenti. *In* : Atti del 1° corso di informazione ASSIRCO, Perugia, 6-8 Novembre 1979. Kappa, Roma, 1981.

ASSIRCO 1981 b : ASSIRCO — Il restauro delle costruzioni in muratura. *In* : Atti del 2° corso di informazione ASSIRCO, Venezia, 21-23 maggio 1980. Kappa, Roma, 1981.

ASSIRCO 1982 : ASSIRCO — Il restauro delle costruzioni in muratura. *In* : Atti del 3° corso di informazione ASSIRCO, Palermo, 22-25 octobre 1980. Kappa, Roma, 1982.

Astrup 1987 : Astrup E.E. — Is it worth-while re-looking at salt solutions as buffers for humidity control of showcases. *In* : (ICOM, Sydney, 1987), p. 853-858.

Aubert, Boulaine 1980 : Aubert G., Boulaine J. — La pédologie. Que Sais-Je ? n°352, troisième édition, Presses Universitaires de France, Paris, 1980 (première édition 1967).

Augusti 1967 : Augusti S. — I colori pompeiani. Roma, 1967.

Bachmann sans date : Bachmann K.W. — La Conservation durant les Expositions Temporaires. ICCROM, Rome.

Baer et al. 1971 : Baer N.S., Indictor N., Frantz J.H., Appelbaum B. — The effect of high temperature on ivory. *Studies in Conservation*, 16, 1971, p. 1-8.

Baer et al. 1978 : Baer N.S., Jochsberger T., Indictor N. — Chemical investigations on ancien near eastern archaeological ivory artifacts. Fluorine and nitrogen composition. *In* : Archaeological Chemistry II, G.F. Carter, American Chemical Society, Washington, 1978, p. 139-149.

Baer, Indictor 1974 : Baer N.S., Indictor N. — Chemical investigations of ancien near eastern archaeological ivory artifacts. *In* : Archaeological Chemistry, W. Beck, American Chemical Society, 1974.

Balfet et al. 1983 : Balfet H., Fauvet-Berthelot M.F., Monzon S. : Pour la normalisation de la description des poteries. CNRS, Paris, 1983.

Balut 1982 : Balut P.Y. — Restauration, restitution, reconstitution. *Ramage*, 1, 1982, p. 95-110.

Balut, Bruneau, 1987 : Balut P.-Y., Bruneau Ph. — L'archéologie moderne et contemporaine, *Archéologia*, 1987, p. 78-81.

Barbet 1969 : Barbet A. — La restauration des peintures murales d'époque romaine, *Gallia*, 17, 1, 1969.

Barbet 1973 : Barbet A. — Remontage des peintures murales romaines. Recherches d'Archéologie Celtique et Gallo-romaine, 1973.

Barbet 1987 : Barbet A. — Aperçu des techniques de la peinture antique. *In* : Peintures romaines Musée de Vaison-la-Romaine, Aix en Provence, 1987.

Barett 1957 : Barett C.S. — Structure des métaux. Paris, Dunod, 1957.

Barker 1982 : Barker P. — Technique of archaeological excavation. Londres, 1982, 2e édition.

Barker 1986 : Barker P. — Temporary shelter and site protection. *In* : (ICCROM, Gand, 1986), p. 45-49.

Barker et al. 1982 : Barker B.D., Kendell C., O'Shea C. — The hydrogen reduction process for the conservation of ferrous objects. *In* : Conservation of iron. Maritime Monographs and Reports, 53, National Maritime Museum, Greenwich, 1982, p. 23-27.

Barkman 1977 : Barkman L. — Conservation of rusty iron objects by hydrogen reduction. *In* : Corrosion and Metal Artifacts. National Bureau of Standart Publication 479, Washington, 1977, p. 155-166.

Barov, Lambert 1984 : Barov Z., Lambert F. — Mechanical Properties of some fill materials for ceramics conservation. *In* : (I.C.O.M., Copenhague, 1984), p. (84.20)1-4.

Barrelet 1985 : Barrelet J. — Art du verre. Encyclopaedia Universalis, XVII, Paris, 1985, p. 742-748.
Barrera 1985 : Barrera J. — Les français et la table : Le verre. Catalogue de l'exposition du musée des ATP, 20 novembre 1985-21 avril 1986, p. 295.
Barrera 1987 : Barrera J. — Fouilles de la cour Napoléon du Louvre, laboratoire de traitement de la verrerie, la typologie : 1er classement. Janvier 1987, non publié.
Bats et al. 1986 : Bats M., Bessac J.C., Chabal L., Chazelles C.A., Fiches J.L., Poupet P., Py M. — Enregistrer la fouille archéologique, le système élaboré pour le site de Lattes (Hérault). Lattes, Unité de fouilles et de recherches archéologiques de Lattes, 1986, 56 p.
Baud 1972 : Baud G. — Le bâtiment. Lausanne, 1972, 3e édition.
Bayley 1987 : Bayley J. – The examination of enameled objects. *In* : From Pinheads to Hanging Bowls : The Identification, Deterioration and Conservation of Applied Enamels and Glass Decoration on Archaeologocical Artefacts, Occasional Papers, 7, UKIC, London, 1987, p. 8-9.
Benard et al. 1984 : Benard J., Michel A., Philibert J., Talbot J. — Métallurgie Générale, Paris, Masson, 1984, 2e édition.
Bensimon 1970 : Bensimon R. — Les matériaux métalliques. Tome III, Centre d'Etude Supérieure des Techniques Industrielles, Paris, 1970.
Berducou 1980 : Berducou M. — La conservation archéologique. *In* : Schnapp A. dir. L'Archéologie Aujourd'hui, Paris, Hachette, 1980, p. 149-170.
Berducou 1987 : Berducou M. — La céramique et le verre. *In* : Conservation-restauration du mobilier archéologique, Journées archéologiques de Paris-Ile de France, St Denis, 13-14 juin 1987, p 11-19. Repris *In* : (Unesco, 1987)
Bertholon 1986 a : Bertholon R. — Traitement et conservation d'une collection d'objets en plomb d'époque médiévale. Electricité de France — Direction des Etudes et Recherches, VAL/004/86, Saint-Denis, 1986.
Bertholon 1987 : Bertholon R. — Le traitement par électrolyse d'objets en fer minéralisés provenant de fouilles archéologiques terrestres. Electricité de France – Direction des Etudes et Recherches, VAL/009/87, Saint-Denis, 1987.
Bertholon et al. 1986 b : Bertholon R., Lacoudre N., Montluçon J., Volfovsky C. — Traitements électrochimiques appliqués à un canon du début du XVIe siècle provenant de l'épave de Villefranche-sur-mer. Electricité de France-Direction des Etudes et Recherches, VAL/008/86, Saint-Denis, 1986.
Bertholon et al. 1988 : Bertholon R., Blanchet J.C., Rapin A. — La conservation des métaux archéologiques : le problème des grandes collections. *Les Nouvelles de l'Archéologie*, 32, 1988, p. 6-9.
Bertholon, Païn 1987 : Bertholon R., Païn S. — L'électrodialyse appliquée à la déchloruration des métaux ferreux. *In* : Conservation-Restauration des Biens Culturels — Recherches et Techniques Actuelles, A.R.A.A.F.U., Paris, 1987, p. 14-19.
Besson 1979 : Besson J. — L'électrochimie. Presses Universitaires de France, Paris, 1979.
Bettembourg 1976 : Bettembourg J.M. — Composition et altération des verres de vitraux anciens. *Verres et réfractaires*, 30, 1, 1976, p. 36-42.
Bimson, Werner 1964 : Bimson M., Werner A.E. — The danger of heating glass objects. *Journal of glass studies*, 6, 1964.
Binford 1981 : Binford L.R. — Bones : ancien men and modern mythes studies in archaeology. Londres, Academic Press, 1981.
Blackshaw 1975 : Blackshaw S.M. — Comparison of different makes of PEG and results on corrosion testing of metals in PEG solutions. *In* : Problems of the Conservation of Waterlogged wood, Maritime Monographs and Reports, N° 16, 1975.
Blackshaw, Daniels 1978 : Blackshaw S.M., Daniels V. — Selecting safe materials for use in the display and storage of antiquities. *In* : (ICOM, Venise 1978).
Blackshaw, Daniels 1978 : Blackshaw S.M., Daniels V.D. — Selecting safe materials for use in the display and storage of antiquities. *In* : (ICOM, Zagreb, 1978), p. (78.23.2)1-9.
Blackshaw, Daniels 1979 : Blackshaw S.M., Daniels V.D. — The testing of materials for uses in storage and display in Museums. *The Conservator*, 3, 1979.
Blanc 1985 : Blanc P. — Peintures murales de la rue Amyot à Paris. *Cahiers de la Rotonde*, 8, 1985.

Blanc 1987 : Blanc P. La réintégration dans la peinture murale romaine. *In* : séminaire de l'AFPMA, IX, Paris 27-28 avril 1985. La peinture murale antique : restitution et iconographie. DAF, 10, 1987.

Borrelli, Fiorentino 1975 : Borrelli L.V., Fiorentino P.A — Preliminary note on the use of adhesives and fillers in the restoration of ancient materials with special reference to glass. *Studies in Conservation*, 20, 4, 1975, p. 201-205.

Bossoutrot 1987 : Bossoutrot A. — La conservation des sites archéologiques. *In* : (UNESCO, 1987).p. 5-21.

Bost 1982 : Bost J. - Matières plastiques. Tome I, Technique et Documentation, Paris, 1982.

Boüard 1973 : Boüard (de) M. - Manuel d'Archéologie Médiévale. De la fouille à l'Histoire, Paris, Société d'Edition d'Enseignement Supérieur, 1975, 340 p. (Regards sur l'Histoire, 23).

Bouineau, Rocard 1982 : Bouineau A., Rocard J. — Renforcement des maçonneries par injections de coulis dans la région nord-est de la France. *In* : The Conservation of Stone II. Preprints to the International Symposium, Bologne, oct. 1981 (844 p.). Centro per la Conservacione delle sculture all'aperto, Bologne, 1981, p. 807-826. Repris *In* : (ICCROM, Rome, 1981) p. 165-184.

Bradley, Wilthem 1984 : Bradley S.M., Wilthem S.E. — The evaluation of some polyester and epoxy resins in the conservation of glass. *In* : (ICOM, Copenhague, 1984), p. (84.20)5-9.

Brandi 1963 : Brandi C. — Teoria del Restauro. Edizioni di Storia e Letteratura, Roma, 1963. Réed. Einaudi, Turin, 1977.

Bresse 1953 : Bresse G. Morphologie et physiologie animales. Larousse, Paris, 1953, p. 52-58.

Brill 1961 : Brill R.H. — The record of time in weathered glass. *Archaeology*, 14, 1, p. 18-22.

Brill 1975 : Brill R.H. Crizzling — a problem in glass conservation. *In* : (I.I.C., Stockholm, 1975) p. 121-134.

Brill et al. 1984 : Brill R.H., Errett R.F., Lynn M. — L'utilisation des silanes pour la conservation des verres. *In* : (IIC, Paris, 1984), p. 198-202.

Brimblecombe, Ramer 1983 : Brimblecombe P., Ramer B. — Museum display cases and exchange of water vapours. *Studies in Conservation*, 28/4, 1983, p. 179.

Brinch Madsen 1967 : Brinch Madsen H. — A preliminary note on the use of benzotriazole for stabilizing bronze objects. *Studies in Conservation*, 12, 1967, p. 163-167.

Brothwell 1986 : Brothwell D. - The Bog Man and the archaeology of people. British Museum Publications Ltd., Londres, 1986.

Brown 1980 : Brown D. - Data sheet 1 : Anglo-saxon shields. Conservation, Archaeology and Museums. *In* : Occasional Papers n° 1, UKIC, 1980.

Bruckbauer, Geilmann 1954 : Bruckbauer T., Geilmann W. — Contribution to knowledge of old glasses, the manganese content of old glasses. *Glas tech. Ber*, 1954, p. 456-459.

Bulletins de liaison du Centre d'Etude des Peintures Murales Romaines. Paris, n° 1 à 7.

Bulletins A.I.E.M.A. 1968 et suivantes : Bulletin de l'Association Internationale pour l'Etude de la Mosaïque Antique, Institut d'Art et d'Archéologie, Paris. 1, 1968 : Bibliographie 1963-67 ; 2, 1970 : Bibliographie 1968-69 et complément des années antérieures ; 3, 1971 : Bibliographie 1970 et complément ; 4, 1973 : Répertoire graphique du décor géométrique dans la mosaïque antique ; 5, 1973 : Bibliographie 1971 et complément ; 6, 1976 : Bibliographie 1972-74 et complément ; 7, 1978 : Bibliographie 1974-76 et complément ; 8/1, 1980 : Articles et Comptes rendus ; 8/2, 1980 : Bibliographie 1976-79 et complément ; 9, 1983 : Bibliographie 1980-81 et complément ; 10, 1985 : Articles et Comptes rendus ; 11, 1986-87 : Bibliographie 1982-84 et complément.

Burnham 1974 : Burnham B. — La protection du patrimoine culturel, manuel des législations nationales, I.C.O.M., Paris, 1974.

Byrne 1984 : Byrne G.S. — Formulation d'adhésifs transformés par addition d'aérosols de silice colloïdale. *In* : IIC, Paris, 1984, p. 80-82.

Caley 1955 : Caley E.A. — Coatings and Incrustations on Lead Objects from the Agora and the Method Used for their Removal. *Studies in Conservation*, 2, 1955, p. 49-54.

Caillère, Henin 1963 : Caillère S., Henin S. — Minéralogie des argiles. Ed. Masson, Paris, 1963.

Carandini 1981 : Carandini A. - Storie della terra. *In* : Manuale dello scavo archeologico, Bari, 1981.
Carbonnaux 1983 : Carbonnaux E. Restauration de l'objet archéologique. Publication du Musée de Normandie, 4, Caen, 1983, 60 p.
Carron, Poupeau 1985 : Carron J.P., Poupeau G. Les roches vitreuses. Encyclopedia Universalis, 18, 1985, p. 979-980.
Cassar 1985 a : Cassar M. - Modèles de vitrines et contrôle climatique : une analyse typologique. *Museum*, 37, 2, 1985, p. 104-107.
Cassar 1985 b : Cassar M. - Checklist for the establishment of a microclimate. *The Conservator*, 9, 1985, p. 14-16.
Cataliotti-Valdina 1987 : Cataliotti-Valdina J. Mollusques marins. *In* : Miskovsky J.C. dir. — Géologie de la Préhistoire, Paris, 1987, p. 717-719.
Chahine et al. 1988 : Chahine C., Vilmont L.B., Rottier C. Traitement du cuir archéologique gorgé d'eau, *in* Les documents graphiques et photographiques Analyse et conservation. Archives Nationales La Documentation Française, Paris, 1988.
Chahine, Vilmont 1984 : Chahine C., Vilmont L.B. L'Assèchement du cuir par lyophilisation. *In* : (I.C.O.M., Copenhague, 1984), p. (84,9)22-29.
Chahine, Vilmont 1987 : Chahine C., Vilmont L.B. Nettoyage des cuirs archéologiques gorgés d'eau. *In* : (I.C.O.M., Sydney, 1987), p. 939-944.
Charalambous, Oddy 1975 : Charalambous D., Oddy W.A. The « consolidative » reduction of silver. *In* : (IIC, Stockholm, 1975), p. 219-227.
Charlot 1974 : Charlot G. Chimie Analytique Quantitative. Paris, Masson, 1974.
Charola et al. 1984 : Charola A.E., Freund G.E., Wheeler G.G. The influence of relative humidity in the polymerisation of methyl trimetoxy silane. *In* : (IIC, Paris, 1984), p. 189-195.
Chavigner 1987 : Chavigner F. Le prélèvement d'objets archéologiques. *In* : Conservation-restauration du mobilier archéologique, Journées archéologiques de Paris Ile-de-france, St Denis, 13-14 juin 1987, p. 78-86. Repris *In* : (UNESCO, 1987)
Chavigner 1987 : Chavigner F. — Le moulage et ses applications en archéologie. *In* : (UNESCO, 1987), p. 88-90.
Chêne, Drisch 1967 : Chêne M., Drisch N. - La cellulose. Que Sais-Je ? N° 1282, Presses Universitaires de France, Paris, 1967
Chevillot 1976 : Chevillot Ch. - Un atelier de bracelets en lignite décorés à Chalucet (Saint-Jean-Ligoure, Haute-Vienne). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 73, 1976, p. 422-436.
Cleaning 1983 : Cleaning. *Crafts Council Conservation Science Teaching Series*, 2, Crafts Council, Londres, 1983.
Cleere 1984 : Cleere H. dir. Approaches to the archaeological heritage. Cambridge University Press, 1984.
Cleere 1988 : Cleere H. dir. - Archaeological heritage management in the modern world. World Archaeological Congress, Southampton, 1986, Unwin Hyman, Londres.
Cleuziou 1987 : Cleuziou S. - Science de la pelle ou science de l'homme. *Préface*, 7, 1987, p. 55-57.
Cleuziou, Demoule 1980 : Cleuziou S., Demoule J.-P. Enregistrer, gérer, traiter les données archéologiques. *In* : Schnapp A. dir. L'Archéologie aujourd'hui. Paris, Hachette, 1980, p. 87-132.
Coignet 1987 : Coignet J. Réhabilitation, arts de bâtir traditionnels, connaissance et technique. Aix en Provence, Edisud, 1987.
Colbeck 1976 : Colbeck J. — La poterie. Technique du tournage. Dessain et Tolra, Paris, 1976.
Conservation Today, 1988 : Conservation Today, Todd V. ed., Preprints for the UKIC 30th Anniversary Conference, UKIC, London, 1988.
Conti 1973 : Conti A. - Storia del Restauro e della Conservazione delle Opere d'Arte. Electa Editrice, Milano, 1973.
Conway 1975 : Conway V. - Initiation à l'émail, Dessain et Tolra, Paris, 1975.
Cook et al. 1984 : Cook C., Dietrich A., Grattan D.W., Adair N. Experiments with aqueous treatments for waterlogged wood , metal objects. *In* : Groupe de Travail des Bois

Gorgés d'Eau de l'I.C.O.M., Grenoble, CETBGE, 1984, p. 147-160.

Coremans 1969 a : Coremans P. — Problems of Conservation in Museums : The training of restorers. Travaux et Publications VIII, I.C.O.M., Eyrolles, Paris, 1969, p. 7-32.

Coremans 1969 b : Coremans P. — Climat et microclimat. *In* : (U.N.E.S.C.O, 1969),p. 29-43.

Corfield 1985 : Corfield M.C. — Tinning of iron. *In* : Lead and Tin Studies in Conservation and Technology, Occasional papers, 3, UKIC, London, 1985, p. 40-43.

Corfield 1988 : Corfield M. — Towards a conservation profession. *In* : (Conservation Today,1988), p. 4-7.

Corrieu 1988 : Corrieu J.M. Etude du comportement semi-conducteur du fer passif en milieu de pH neutre. Thèse de doctorat, Université Paris VI, 1988.

Courtois 1976 : Courtois L. Examen au microscope pétrographique des céramiques archéologiques, CRA, Notes et Monographies techniques n°8, CNRS, 1976, 49 p.

Courtois 1980 : Courtois L. Etude des techniques anciennes et recherches sur l'altération des céramiques. *In* : Compte rendu du 105ème Congrès des Sociétés savantes, Caen, 1980, fasc.V, p. 122-133.

Damour 1951 : Damour E. Cours de verrerie professé au conservatoire national des arts et métiers, Paris-Liège, 1951.

Daniels et al. 1978 : Daniels V.D., Holland L., Pascoe M.W. — Plasma reactions in the conservation of antiquities. *In* : (ICOM, Zagreb, 1978), p. (78.23.1)1-8.

Daniels, Ward 1982 : Daniels V., Ward S. — A rapid test for the detection of substances which tarnish silver. *Studies in Conservation*, 27, 1982, p. 58-60.

Daum 1983 : Daum N. – La pâte de verre à travers les âges. *In* : Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, IX, Nancy, 22-28 mai 1983, p. 27-34.

Daumas 1962 : Daumas M. — Les origines de la civilisation technique. *In* : Histoire générale des techniques, tome 1, Presses Universitaires de France, Paris, 1962.

Davidge 1970 : Davidge R. W. — Les céramiques. *La Recherche*, 1, mai 1970, p. 35-45.

Davison 1984 : Davidson S. — Recensement des adhésifs et consolidants utilisés pour les verres archéologiques. *In* : (IIC, Paris, 1984), p. 203-206.

Davison, Harrison 1987 : Davison S., Harison P. — Refiring archaeological ceramics. *The Conservator*, 11, 1987, p. 34-37.

Degrigny, 1987 : Degrigny C. — Le traitement de pièces en alliage léger. L'archéologie aéronautique, VAL/016/87, Electricité de France — Direction des Etudes et Recherches, Saint-Denis.

Delamare 1984 : Delamare F. — Analyses des couches picturales. *In* : La Peinture Romaine, *Dossier Histoire et Archéologie*, 89, 1984.

Delcroix 1973 : Delcroix G., Tortel C. — Contribution à l'élaboration d'une Méthodologie de la Sauvegarde des Biens Culturels. Imprimerie CNRS, Paris, 242 p.

Delcroix, Havel 1988 : Delcroix G., Havel M. — Phénomènes physiques et peinture artistique. Erec, Paris, 1988, 354 p.

Deterioramento e conservazione della pietra, 1979 : Congresso Internazionale di Venezia — Deterioramento e conservazione della pietra. Atti del 3° Congresso Internazionale, Università degli studi di Venezia, Venise, 1979.

De Sy, Vidts 1968 : De Sy A., Vidts J. — Métallurgie structurale. Paris, Dunod, 1968.

Di Matteo 1985 : Di Matteo C. — Restauration des œuvres d'art. Encyclopaedia Universalis, XV,Paris, 1985, p. 1035-1043.

Domaslowski 1982 : Domaslowski W. — La conservation préventive de la pierre. UNESCO ICOMOS, Musées et Monuments XVIII, Paris, 1982.

Douglas, El Shamy 1967 : Douglas R.W., El Shamy T.M.M. — Reactions of glasses with aqueous solutions. *Journ. Amer. Ceram. Soc.*, 50, 1967, p. 1-7.

Dowman 1970 : Dowman E.A. — Conservation in Field Archaeology. Methuen and Co LTD, Londres, 1970.

Down 1984 : Down J.L. - The yellowing of epoxy resin adhesives : report on natural dark ageing. *Studies in Conservation*, 29, 1984, p. 63-76.

Down 1986 : Down J.L. — The yellowing of epoxy resin adhesives : report on high intensity light ageing. *Studies in Conservation*, 31, 4, 1986, p. 159-170.

Drayman-Weisser 1987 : Drayman-Weisser T. — The use of sodium carbonate as a pretreatment for difficult-to-stabilise bronzes. *In* : (Recent Advances, 1987), p. 105-108.

Drilhon 1976 : Drilhon F. — Radiographies de quelques objets archéologiques. *In* : Annales du LRMF, Paris, 1976, p. 35-45.

Dufournier 1976 : Dufournier D. — Recherches sur la signification et l'interprétation des résultats des analyses chimiques des poteries anciennes (éléments majeurs et mineurs). CRA, Notes et Monographies techniques n° 9, CNRS, 1976. 64 p.

Dufournier 1979 : Dufournier D. — Deux exemples de contamination des céramiques anciennes par leur milieu de conservation. *Figlina*, 4, 1979, p. 69-83.

Dupuis 1967 : Dupuis J. — Notice explicative de la carte de France au 1/1 000 000, INRA, Service de la carte pédologique de France, Paris, 1967.

Durand-Daste 1985 : Durand-Daste — Climatologie. Encyclopaedia Universalis, IV, Paris, 1985, p. 1222.

Dutter-Georges 1983 : Dutter-Georges I. — Les verres : description, corrosion, conservation. Mémoire de l'Institut Français de Restauration des Oeuvres d'Art, Paris, 1983.

Duval 1962 : Duval C. — L'eau. Que Sais-Je ?, N° 266, Presses Universitaires de France, Paris, 1962.

Duval 1974 : Duval C. — Le verre. Que Sais-Je ?, N° 264, Presses Universitaires de France, Paris, 1974.

Echallier 1984 : Echallier J.-Cl. — Eléments de technologie céramique et d'analyses des terres cuites archéologiques. Documents d'Archéologie Méridionale, série Méthodes et Techniques, 3, 1984. 39 p.

E.D.F. 1973 : Les Métaux. Fascicule n° 62 A. Electricité de France — Direction de la Production et du Transport, Service de la Production Thermique, Paris, 1973.

Eichhorn 1983 : Eichhorn P. — Beobachtungen bei der Freilegung von originalen Oberflächen archäologischen Bronzen mit dem Fasserhammer. *Arbeitsblätter für Restauratoren*, Heft 2, 1983, p. 130-137.

Eluère 1982 : Eluère C. — Les os préhistoriques. *In* : L'Age du Bronze en France, n° 2, Picard, Paris, 1982.

Enderly, Lane 1985 : Enderly C., Lane H. — The Conservation of the Lead Figure from Toprakale. *In* : Lead and Tin Studies in Conservation and Technology, Occasional papers, 3, UKIC, London, 1985, p. 47-51.

Escalopier 1943 : Comte de l'Escalopier Théophile, prêtre et moine, essai sur divers arts, traduction de Diversarum artium écrit par Théophile, Paris, 1943.

Eudier 1976 : Eudier. — Les alliages métalliques. Que Sais-Je ? Presses Universitaires de France, Paris, 1976.

Evans 1960 : Evans U.R.I. — The Corrosion and Oxydation of Metals. London, Edward Arnold Ltd, 1960.

FAO/UNESCO 1975 : Carte mondiale des sols au 1/5 000 000. Légende UNESCO, Paris, 1975.

Feilden 1978 : Feilden B. — Une introduction à la Conservation des Biens Culturels. I.C.C.R.O.M., Rome, 1978.

Feller 1964 : Feller R.L. — Contrôle des effets détériorants de la lumière sur les objets de musée. *Museum*, 27/2, 1964, p. 57-84.

Feller 1975 : Feller R.L. — Studies on photochemical deterioration. *In* : (ICOM, Venice, 1975).

Feller 1978 : Feller R.L. — Standards in the Evaluation of Thermoplastic resins. *In* : (ICOM, Zagreb, 1978) p. 78/16/4.

Fenn, Foley 1975 : Fenn J.D., Foley K. - Passivation of iron. *In* : (IIC, Stockholm, 1975) p. 195-198.

Feton 1988 : Feton A. — Travaux de restauration des peintures murales de Boult-sur-Suippe. *In* : Allag C., Bardoux B., Chossenot D. — La mort d'Adonis : une peinture gallo-romaine à Boult-sur-Suippe. *Bull. de la Société Archéologique Champenoise*, 81, 2, 1988.

Fimtm, 1981 : Propriétés des matériaux. *In* : Les matériaux et leur emploi en mécanique. Tome I, Fédération des Industries Mécaniques et Transformatrices des Métaux, Paris, 1981.

First aid for finds 1987 : First aid for finds. D. Watkinson ed., UKIC, Londres, 1987.

Flieder et al. 1981 : Flieder F., Talbot R., Flieder C., De Reyer D. — Etude expérimentale sur les fixatifs des traces pulvérulentes. *In* : (ICOM, Ottawa, 1981), p. 81/14/8

Florian 1981 : Florian M.L.E. — Analyses of different states of deterioration of terrestrial waterlogged wood — Conservation implication of the analyses. *In* : (I.C.O.M., Ottawa, 1981).

Florian 1987 : Florian M.L.E. — Deterioration of organic materials other than wood. *In* : Pearson C. dir. — Conservation of Marine Archaeological Objects, Butterworths, Londres, 1987.

Fluzin 1983 : Fluzin P. Notions élémentaires de sidérurgie. *In* : Métallurgies africaines, Mémoires de la Société des Africanistes, 9, Paris, 1983.

Foley 1984 : Foley K. — The role of the objects conservator in Field Archaeology. *In* : (Stanley Price 1984), p. 11-20.

Forbes 1966 : Forbes R.J. — Studies in ancient technology. Vol VII, Brill, Leiden, 1966, 2nd Ed.

Forbes 1971 : Forbes R.J. Studies in ancient technology. Vol VIII, Brill, Leiden, 1971, 2nd Ed.

Forbes 1972 : Forbes R.J. — Studies in ancient technology. Vol IX, Brill, Leiden, 1972, 2nd Ed.

Foy 1988 : Foy D. — Le verre médiéval et son artisanat en France méditerranéenne, CNRS, 1988.

Franc 1960 : Franc A. — Classe des Bivalves. *In* : Grassé P.P. dir. — Traité de Zoologie. Tome V, fasc.II, Paris, 1960.

Franc 1985 : Franc A. — Mollusques. Encyclopaedia Universalis, XII, Paris, 1985, p. 192-199.

France-Lanord 1965 : France-Lanord A. — La conservation des antiquités métalliques. CRHS, Jarville, 1965.

France-Lanord 1980 : France-Lanord A. — Métaux anciens, structure et caractéristiques. Fiches techniques, I.C.C.R.O.M., Rome, 1980.

France-Lanord 1983 : France-Lanord A. — La notion d'acier au cours des âges. *In* : Journées de Paléométallurgie, Université de Technologie de Compiègne, Compiègne, 1983, p. 17-35.

Frizot 1975 : Frizot M. — Mortiers et enduits peints antiques. Études technique et archéologique. Université de Dijon, Centre de Recherches sur les Techniques Gréco-romaines, 4, Dijon, rééd. 1982.

Froidevaux 1986 : Froidevaux Y.M. — Techniques de l'architecture ancienne. Lièges-Bruxelles, Pierre Mardaga, 1986.

Galinié 1980 : Galinié H. — De la stratigraphie à la chronologie. *In* : Schnapp A. dir. — L'Archéologie aujourd'hui. Paris, Hachette, 1980, p. 63-85.

Gallay 1986 : Gallay A. — L'archéologie demain, Belfond/Sciences, Paris, 1986, 320 p.

Ganorkar et al. 1988 : Ganorkar M.C., Pandit Rao V., Gayathri P., Sreenwasa Rao T.A. — A novel method for conservation of copper-based artifacts. *Studies in Conservation*, 33, 1988, p. 97-101.

Gardin et al. 1976 : Gardin J.-Cl, Chevalier J., Christophe J., Salomé M.-R. — Code pour l'nanlyse des formes de poteries. C.R.A. Analyse documentaire et Calcul en Archéologie, Editions du CNRS, Paris 1976.

Gardin 1979 : Gardin J.-Cl. — Une archéologie théorique. Paris, Hachette Littérature, 1979, 339 p.

Gedye 1969 : Gedye I. — Céramique et Verre. *In* : (UNESCO, 1969), p. 119-124.

Gedye 1987 : Gedye I. — Forty years of Conservation at the Institute. *In* : (Recent Advances, 1987), p. 16-19.

Genin et al. 1987 : Genin G., Dewanckel G., Masschelein-Kleiner L. — Vade-Mecum pour la protection et l'entretien du patrimoine artistique. *Bulletin de l'IRPA*, XXI, 1987, p. 82-89.

Gibson 1971 : Gibson B.M. — Methods of removing white and black deposits from ancient pottery. *Studies in Conservation*, 16, 1971, p. 18-23.

Gilberg, Seeley 1981 : Gilberg M.R., Seeley M.J. — The identity of compounds containing chloride ions in marine iron corrosion products ; a critical review. *Studies in Conservation*, 26, 1981, p. 50-56.

Gilberg, Seeley 1982 a : Gilberg M.R., Seeley M.J. — The alkaline sodium sulfite reduction process for archaeological iron : a closer look. *Studies in Conservation*, 27, 1982, p. 180-184.

Gilberg, Seeley 1982 b : Gilberg M.R., Seeley M.J. — Liquid ammonia as a solvant and reagent in conservation. *Studies in Conservation*, 27, 1982, p. 38-44.

Ginier-Gillet et al. 1984 : Ginier-Gillet A., Parchas M.D., Ramière R., Quôc Khôi T. — Méthodes de conservation développées au Centre d'Etude et de Traitement des Bois Gorgés d'Eau (Grenoble — France) : imprégnation par une résine radio-durcissable et lyophilisation. *In* : Groupe de Travail des Bois Gorgés d'Eau de l'I.C.O.M., Grenoble, CETBGE, 1984, p. 125-138.

Godron 1976 : Godron Y. — Bibliographie raisonnée de l'attaque par les agents atmosphériques des verres utilisés dans le bâtiment. *Verres et réfractaires*, 30, 4, 1976, p. 495-518, 30, 5, 1976, p. 635-650.

Goubitz 1984 : Goubitz O. — The drawing and registration of archaeological footwear. *Studies in Conservation*, 29, 1984, p. 187-196.

Goudineau 1983 : Goudineau C. — *In* : Architecture de terre et de bois. Actes Congrès archéologique de Gaulle méridionnale, II, Lyon, 2-6 nov. 1983, DAF, 2.

Graedel et al. 1985 : Graedel T.E., Francy J.P., Gualtierie G.J., Kammlott G.W., Malm D.L. — On the mechanism of silver and copper sulfidation by atmospheric H2S and OCS. *In* : Corrosion Science, vol. 25, n° 12, 1985, p. 1163-1180.

Grattan et al. 1981 : Grattan D.W., Mac Cawley J.C., Cook C. — The conservation of a waterlogged dug-out canœ using natural freeze-drying. *In* : (I.C.O.M., Ottawa, 1981).

Greene 1975 : Greene V. — The use of benzotriazole in conservation. *In* : (ICOM, Venice, 1975), p. (75.25.6)1-10.

Gregson 1977 : Gregson C.N. — Aspect of waterlogged wood conservation, dans Sources and Techniques in Boat Archaeology, ed. Sean Mc Grail, National Maritime Museum, Greenwich, Archaeological series, 1, BAR Supplementary Série 29, 1977, p. 45-53.

Grémy, Leterrier : Grémy F., Leterrier F. — Eléments de biophysique. Tome I. Flammarion, Paris, 1975, 790 p.

Grosso 1981 : Grosso G.H. — Experiments with sugar in conserving waterlogged wood. *In* : (I.C.O.M., Ottawa, 1981).

Guichen 1981 : Guichen (de) G. — Pourquoi les conservateurs n'utilisent-ils pas le gel de silice ou les trois usages du gel de silice. *In* : (I.C.O.M., Ottawa, 1981), p. 81/18/7.

Guichen 1984 a : Guichen (de) G. — Climat dans le Musée : Mesure et Fiches Techniques. I.C.C.R.O.M., Rome, 1984, 2ᵉ édition.

Guichen 1984 b : Guichen (de) G. — Object interred, object disinterred. *In* : (Stanley Price 1984), p. 21-30.

Guichen 1985 : Guichen (de) G. — Contrôle du climat autour de 197 instruments de musique. Museum, 37, 2, 1985, p. 95-98.

Guillemard 1987 : Guillemard D. — Conservation des couches pigmentées pulvérulentes de Mélanésie : choix d'un fixatif. *In* : Conservation-Restauration des Biens Culturels. Recherches et Techniques actuelles. ARAAFU, Paris, 1987, p. 132-136.

Haines 1984 : Haines B. — La conservation des reliures en cuir. *In* : (IIC, Paris, 1984), p. 48-52.

Halbout et al. 1987 : Halbout P., Pilet C., Vaudour C. — Corpus des objets domestiques et des armes en fer de Normandie du Iᵉʳ au XVᵉ siècle. Centre Archéologique de Normandie, Caen, 1987.

Hamer 1986 : Hamer F, Hamer J. — The potter's dictionnary of Materials and Techniques. A. and G. Black, London, 2nd ed. 1986. 374 p.

Hamilton 1976 : Hamilton D.L. — Conservation of metal objects from underwater-sites : a study of methods. The Texas Memorial Museum, Austin, 1976.

Harrison 1988 : Harrison P. — The conservation of archaeological iron with amines. *In* : ICOM Metal Working Group, Newsletter n° 4, sept. 1988, p. 10-13.

Hedges 1985 : Hedges R.E.M. — On the occurence of bromine in corroded silver. *Studies in conservation*, 21, 1985, p. 44-46.

Heimann, Magetti 1981 : Heimann R. B., Magetti M. — Experiments on simulated burial of calcareous terra sigillata (mineralogical change) : preliminary results. *In* : M. J. Hughes

ed. — Scientific Studies in Ancient Ceramics. British Museum Occasional Paper N° 19, 1981. p. 163-177.

Hejdova, Reznickova 1973 : Hejdova D., Reznickova M. — Contribution à la méthode de reconstitution de récipients de verre du Moyen-Age. *Revue du Verre*, 4, 1973.

Hillman, Florian 1985 : Hillman D., Florian M.L.E. — A simple conservation treatment for wet archaeological wood. *Studies in Conservation*, 30, 1985.

Hiron 1987 : Hiron X. — Restauration des bois d'origine archéologique : exemple d'une activité particulièrement dépendante du choix de la méthode de traitement. *In* : Conservation-Restauration des Biens Culturels — Recherches et Techniques Actuelles, A.R.A.A.F.U., Paris, 1987, p. 46-52.

Hiron et al. 1989 : Hiron X., Ginier-Gillet A., Delattre N. — Apport et utilisation des supports dans le traitement des matières organiques provenant de milieux archéologiques gorgés d'eau. A paraître *In* : Conservation-Restauration des Biens Culturels — Recherches et Techniques Actuelles, A.R.A.A.F.U., Paris, 1989.

Hjelm-Hansen 1984 : Hjelm-Hansen N. — Cleaning and stabilization of sulphide corroded bronzes. Studies in Conservation, 29, 1985, p. 17-20.

Hnatiuk 1981 : Hnatiuk K. — Effets des matériaux d'étalage sur les objets de métal. *La Gazette de l'Association des Musées Canadiens*, 14, 3-4, 1981, p. 42-50.

Hodges 1975 : Hodges H.W.M. — Problems and ethics of the restoration of pottery. *In* : (I.I.C., Stockholm, 1975), p. 37-38.

Hodges 1981 : Hodges H. — Artifacts. London, John Baker Publishers Ltd, 1981.

Hodges 1982 : Hodges H.W.M. — Les matériaux chimiquement instables dans la construction de vitrines. *Museum*, 34, 1, 1982, p. 56-58.

Hodges 1987 a : Hodges H. — From Technical Certificate to Diploma in Conservation, 1957 to 1974. *In* : (Recent Advances, 1987), p. 20-23

Hodges 1987 b : Hodges H.W.M.— The conservation Treatments of ceramics in the field. *In* : In situ archaeological conservation. Proceedings of meeting, april 1986, Mexico, Instituto nacional de Antropologia e Historia (Mexico) and J.P. Getty Trust (California), 1987, p. 144-151.

Hoffmann 1984 : Hoffmann P. — On the stabilization of waterlogged oakwood with PEG-Molecular size versus degree of degradation. *In* : Groupe de Travail des Bois Gorgés d'Eau de l'I.C.O.M., Grenoble, CETBGE, 1984, p. 95-116.

Hoffmann 1986 : Hoffmann P. — On the stabilization of waterlogged oakwood with PEG, II. Designing a two-step treatment for multi-quality timbers. *Studies in Conservation*, 31, 3, 1986.

Horie 1983 : Horie C.V. — Reversibility of polymer treatments. *In* : Resins in conservation. Scottish Society for Conservation and Research, Tate J.O., Tennent N.H., Townsend J.H., eds, University of Edinburgh, 1983.

Horie 1987 : Horie C.V. — Materials for Conservation. Organic consolidants, adhesives and coatings. Butterworths, London, 1987.

Howells et al. 1984 : Howells R., Burnstock A., Hedlez G., Hackney S. — Dispersions de polymères artificiellement vieillis. *In* : (IIC, Paris, 1984), p. 33-40.

Hundt 1987 : Hundt H.J. — Les textiles de la tombe de Hochdorf. De surprenants témoignages sur les anciennes techniques artisanales. *In* : Trésors des Princes celtes. Ed. de la réunion des Musées Nationaux, Paris, 1987.

Hurley 1979 : Hurley W. M. — Prehistoric Cordage, Identification of Impressions on Pottery. Adline Manuals on Archaeology, 3, Taraxacum-Washington, 1979. 184 p.

I.C.C.R.O.M., Gand, 1986 : Mesures préventives en cours de fouilles et protection du site. Centre International d'Etudes pour la conservation et la restauration des Biens Culturels (I.C.CR.O.M.), Conférence de Gand, 1986, 318 p.

I.C.C.R.O.M, Rome, 1981 : Centre International d'Etudes pour la Conservation et la Restauration des Biens Culturels — Symposium sur les mortiers, ciments et coulis utilisés dans la conservation des bâtiments historiques. Rome, 3-6 novembre 1981, 414 p. (Ed. ICCROM, Rome, 1982.)

I.C.O.M. 1987 : Le conservateur-restaurateur : une définition de la profession, Texte adopté par le Comité pour la Conservation de l'I.C.O.M. à sa 7e réunion triennale, Copenhague, 1984. *Museum*, 156, 1987, p. 231-233.

I.C.O.M., Copenhague, 1984 : The International Council of Museums Committee for Conservation, Seventh Triennal Meeting, Copenhagen, 1984, Preprints, 3 vol.

I.C.O.M, Grenoble, 1984 : Groupe de Travail des Bois Gorgés d'Eau de l'I.C.O.M., Grenoble, CETBGE, 1984.

I.CO.M.-I.C.O.M.O.S, Ankara, 1980 : International Symposium on mud-brick preservation, III. Comité de l'ICOM/ICOMOS de la Turquie, Ankara, Université ODTU, 1980.

I.C.O.M., Ottawa, 1981 : The International Council of Museums Committee for Conservation, Sixth Triennal Meeting, Ottawa, 1981, Preprints, 4 vol.

I.C.O.M., Sydney, 1987 : The International Council of Museums Committee for Conservation, Eigth Triennal Meeting, Sydney, Australia, 1987, Preprints, 3 vol.

I.C.O.M., Venice, 1975 : The International Council of Museums Committee for Conservation, Fourth Triennal Meeting, Venice, 1975, Preprints, 3 vol.

I.C.O.M., Zagreb, 1978 : The International Council of Museums Committee for Conservation, Fifth Triennal Meeting, Zagreb, 1978, Preprints.

I.I.C. - C.G. 1986 : Institut International pour la Conservation - Groupe canadien, Association canadienne des restaurateurs professionnels. — Code de déontologie et guide du praticien., Ottawa, I.I.C.-C.G., 1986.

I.I.C., Paris, 1984 : Adhésifs et consolidants, Xème congrès de l'Institut International de Conservation, Paris, 1984, Edition française des communications par la section française de l'I.I.C., 228 p. Edition anglaise : Adhesives and consolidants, Brommelles N.S., Pye E., Smith P., Thomson G., eds., IIC, Londres, 1984.

I.I.C., Stockholm, 1975 : Conservation in Archaeology and the Applied Arts, Stockholm Conference Preprints, I.I.C., London, 1975.

Jackson 1982 : Jackson P. — A dowelling technique for glass restoration, *The Conservator*, 6, 1982, p. 35-36.

Jackson 1983 : Jackson P. — Restoration of an italic glass oinochœ with technovit 4004a. *The Conservator*, 7, 1983, p. 44-47.

Jackson 1984 : Jackson P. — Restoration of glass antiquities. *In* : (ICOM, Copenhague, 1984), p (84.20)13-17.

Janaway 1985 : Janaway R.C. — Dust to dust : the preservation of textile materials in metal artefact corrosion products with reference to inhumation graves. *Science and Archaeology*, 27, 1985, p. 29-34.

Jedrzejewska 1970 : Jedrzejewska H. — Removal of soluble salts from stone. *In* : Preprints of the IIC New York Conference on Conservation of Stone and Wooden Objects. IIC, 1970. p. 19-33.

Jenssen 1987 : Jenssen V. — Conservation of wet organic artefacts excluding wood. *In* : Pearson C. dir. — Conservation of Marine Archaeological Objects, Butterworths, Londres, 1987.

Jespersen 1984 : Jespersen K. — Extebded storage of waterlogged wood in nature. *In* : Groupe de Travail des Bois Gorgés d'Eau de l'I.C.O.M., Grenoble, CETBGE, 1984, p. 39-54.

Johnson 1984 : Johnson R.M. — Enlèvement de la cire microcristalline des objets archéologiques en fer. *In* : (IIC, Paris, 1984), p. 111-113.

Jonshon, Horgan 1980 : Jonshon E.V., Horgan J.C. — La Mise en Réserve des Collections de Musées, U.N.E.S.C.O., Cahiers Techniques : Musées et Monuments n° 2, 1980.

Kamba 1987 : Kamba N. — A study of natural materials as relative humidity buffers and application to a showcase. *In* : (ICOM, Sydney, 1987), p. 875-879.

Katzev, Van Doorninck 1966 : Katzev M.L., Van Doorninck F.H. — Replicas of Iron Tools from a Byzantine Shipwreck. *Studies in Conservation*, 11, 1966, p. 133-142.

Keene 1977 : Keene S. — An approach to the sampling and storage of waterlogged timbers from excavations. *The Conservator*, 1, 1977, p. 8-11.

Keene 1984 : Keene S. — Efficacité des revêtements et consolidants utilisés pour les objets archéologiques en fer. *In* : (IIC, Paris, 1984), p. 108-110.

Keene, Orton 1985 : Keene S., Orton C. — Stability of treated archaeological iron : an assessment. *Studies in Conservation*, 30, 1985, p. 136-142.

Keepax 1975 : Keepax C. — Scanning electron microscopy of wood replaced by iron corrosion products. *Journal of Archaeological Science*, 2, 1975.

Kelberine 1987 : Kelberine C. — Les enduits peints. *In* : Conservation-Restauration du Mobilier Archéologique, Journées Archéologiques de Paris Ile-de-France, Saint-Denis, 1987, p. 33-38. Repris *In* : (UNESCO, 1987)

Klejn 1980 : Klejn L.S. — Panorama de l'archéologie théorique. *In* : Schnapp A. dir. — L'Archéologie Aujourd'hui. Paris, Hachette, 1980, p. 263-303.

Knight 1982 : Knight B. – Why do some iron objects break up in store ? *In* : Conservation of iron, Maritime Monographs and Reports, 53, National Maritime Museum, Greenwich, 1982, p. 50-55.

Kny, Nauer 1978 : Kny E., Nauer G. — On the possibility of devitrification of ancient glass. *Journ. non cristalline solids*, 29, 1978, p. 207-214.

Kollmann, Côté 1968 : Kollmann F.F.P., Côté W.A.Jr. — Principles of wood science and technology. I solid wood. Springer — Verlag, Berlin, 1968.

Koob 1979 : Koob S. — The removal of aged shellac adhesives from ceramics. *Studies in Conservation*, 24, 1979, p. 134-135.

Koob 1981 : Koob S.P. — Consolidation with acrylic colloidal dispersions. *In* : Congrès annuel de l'American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, IX, Pennsylvanie, 27-31 mai 1981, p. 86-94.

Koob 1982 : Koob S.P. -- The instability of cellulose nitrate adhesives. *The Conservator*, 6, 1982, p. 31-34.

Koob 1984 : Koob S.P. — Consolidation des os archéologiques. *In* : (IIC, Paris, 1984), p. 101-105.

Koob 1986 : Koob S.P. — The use of paraloid B-72 as an adhesive : its application for archaeological ceramics and other materials. *Studies in Conservation*, 31, 6, 1986, p. 7-14.

Kronberg et al. 1984 : Kronberg B.I., Coatsworth L.L., Usselman M.C. — Mass spectrometry as an historical probe : quantitative answers to historical questions in metallurgy. *In* : Archaeological Chemistry III, American Chemical Society, Washington DC, 1984, p. 295-310.

Krougly 1987 : Krougly L. — Réintégration picturale des décors de Nizy-le-Comte (Aisne). *In* : séminaire de l'AFPMA, IX, Paris 27-28 avril 1985. La peinture murale antique : restitution et iconographie. DAF, 10, 1987.

Kruger 1977 : Kruger J. — Some brief remarks on electrochemical reduction. *In* : Corrosion and Metal Artifacts, National Bureau of Standart Publication 479, Washington, 1977, p. 59-65.

Kushelevsky 1975 : Kushelevsky A.P. — A simple instrument for measuring the density of solid objects. *Archaeometry*, 17, 1, 1975, p. 99-138.

La Baume 1987 : La Baume (de) S. — Dessalage des bois archéologiques par électrophorèse. *In* : Conservation-Restauration des Biens Culturels — Recherches et Techniques Actuelles, A.R.A.A.F.U., Paris, 1987, p. 20-28.

La Niece 1983 : La Niece S. — Niello : an historical and technical survey. *The Antiquaries Journal*, 63, 1983, p. 279-297.

Lacoudre 1987 : Lacoudre N. — Electricité et Archéologie. Saint-Denis, Electricité de France -- Direction des Etudes et Recherches, 1987.

Lacoudre, Volfovsky 1983 : Lacoudre N., Volfovsky C. — Application des techniques électrochimiques à la conservation des pièces archéologiques sous-marines métalliques. Electricité de France — Direction des Etudes et Recherches, P539/83/16, Saint-Denis, 1983.

Lafontaine 1981 : Lafontaine R.H. — Normes Relatives au Milieu pour les Musées et les Dépôts d'Archives Canadiens. I.C.C., *Bulletin Technique*, 5, 1981, 2[e] édition.

Lafontaine 1984a : Lafontaine R. — Le gel de silice. *Bulletin technique*, 10, ICC, Ottawa, 1984.

Lafontaine, Michalski 1984 a : Lafontaine R.H., Michalski S. — The control of relative humidity, recent developments. *In* : (I.C.O.M., Copenhague, 1984), p. (84.17)33-37.

Lafontaine, Wood 1982 : Lafontaine R.H., Wood P.A. — The stabilization of ivory against relative humidity fluctuations. *Studies in Conservation*, 27, 1982, p. 109-117.

Lahanier 1970 : Lahanier C. — Analyse de verres orientaux. *In* : Annales du L.R.M.F., 1970, p. 38-43.

Lahanier 1971 : Lahanier C. — Analyse de verres de vitraux par spectrométrie de fluorescence X. *In* : Congrès International du Verre, IX, Versailles, 27 septembre-2 octobre 1971.

Lajarte 1969 : Lajarte S. — L'arsenic dans le verre. *Arsenic development commitee*, 1969.

Lajarte 1979 : Lajarte S. — Les verres colorés. *L'Actualité chimique*, octobre 1979, p. 30-36.
Landford 1977 : Landford W.A. — Glass hydratation, a method of dating glass objects. *Science*, 196, 1977.
Lane 1975 : Lane H. — The reduction of lead. *In* : (IIC, Stockholm, 1975), p. 215-217.
Lane 1987 : Lane H. — The conservation and storage of leads coins in the department of coins and medals, British Museum. *In* : (Recent Advances, 1987), p. 149-153.
Laver 1978 : Laver M. — Spots tests in conservation : metals and alloys. *In* : (ICOM, Zagreb, 1978), p. (78.23.8)1-11.
Lapierre 1976 : Lapierre.F. — Les Processus de fossilisation. Ed. Boubée, 1976, 31 p.
Larney 1978 : Larney J. — Restoring ceramics. Barrie and Jenkins, Londres, 1978.
Lavagne 1977 : Lavagne H. — La conservation des mosaïques de pavement avant l'époque moderne. *In* : (Mosaïque 1977).
Lawson 1980 : Lawson G. — Data sheet 2 : Stringed musical instruments, Conservation, Archaeology and Museums. *In* : Occasional Papers, 1, UKIC, 1980.
Lazzarini, Laurenzi Tabasso 1986 : Lazzarini L., Laurenzi Tabasso M. — Il restauro della pietra. Padova, 1986.
Leach 1979 : Leach B. — Le livre du potier. Dessain et Tolra, Paris, 1979. 297 p.
Le Tiec 1983/84 : Le Tiec N. — La verrerie médiévale de Saint-Denis du VIIIème au XIVème siècle — Etude archéologique. Mémoire de Maitrise, Université de Paris X — Nanterre, Paris, 1984.
Le Tiec 1985 : Le Tiec N. — Notes sur les traitements des verres médiévaux (fouilles archéologiques de St Denis), R.A.C.F., 24, 1, 1985, p. 97-100.
Learmonth 1987 : Learmonth G.S. — Legionnaire's disease and water treatment for mobile humidifiers. *In* : (Recent Advances 1987), p. 315-317.
Lévèque 1986 : Lévèque M.A. — The problem of formaldehyde, a case study. *In* : AIC, Annual Meeting, IV, Chicago, 1986, p. 56-65.
Logan 1984 : Logan J.A. — An approach to handling large quantities of archaeological iron. *In* : (ICOM, Copenhague, 1984), p. (84.22)14-17.
Long 1987 : Long L. — Quelques précisions sur le conditionnement des lingots d'étain de l'épave antique Bagaud 2 (Var). *In* : Mines et Métallurgies en Gaule et dans les provinces voisines, Errance, Paris, 1987, p. 149-163.
LRMF 1985 : LRMF — Les méhodes scientifiques dans l'étude et la conservation des œuvres d'art. Paris, La Documentation Française, 1985.
Lucas 1924 : Lucas A. — Antiquities, their Restoration and Preservation. Edward Arnold, London, 1924.
Mac Cawley 1984 : Mac Cawley C. — Current research into the corrosion of archaeological iron. *In* : (ICOM, Copenhague, 1984), p. (84.22)25-27.
Mac Cawley 1988 : Mac Cawley C. — Reports on research, Canadian Conservation Institute. *In* : ICOM Metal Working Groupe, Newsletter n°4, sept. 1988, p. 5-9.
Mac Kerrell et al 1972 : Mac Kerrell H., Roger E., Varsanyl A. — The acetone/rosin method for conservation of waterlogged wood. *Studies in Conservation*, 17, 1972.
Mac Leod, 1983 : Mac Leod I.D. — Stabilization of corroded Duralumin. *Studies in Conservation*, 28, p. 1-7.
Mac Leod 1984 : Mac Leod I.D. — Conservation applied science and why treatments must be monitored. *ICCM Bulletin*, vol 10, june 1984, p. 19-41.
Mac Leod 1987 a : Mac Leod I.D. — Conservation of corroded copper alloys : a comparison of new and traditional methods for removing chloride ions. *Studies in Conservation*, 32, 1987 p. 25-40.
Mac Leod 1987 b : Mac Leod I.D. — Stabilization of corroded copper alloys : a study o corrosion and desalination mechanisms. *In* : (ICOM, Sydney, 1987), p. 1079-1085.
Mac leod, Davies 1987 : Mac Leod I.D., Davies J. A. — Desalination of glass, stone and ceramics recovered from shipwreck sites. *In* : (ICOM, Sydney, 1987), p. 1003-1007.
Mac Leod, North 1979 : Mac Leod I.D., North N.A. — Conservation of corroded silver *Studies in Conservation*, 24, 1979, p. 165-170.
Macleod 1975 : Macleod K.J. — L'Humidité relative dans les Musées : importance, mesure et régulation. I.C.C., *Bulletin Technique*, 1, Ottawa, 1975.

Mahan 1970 : Mahan B.H. — Chimie. Montreal, Editions du renouveau pédagogique Inc, 1970, 2nd Ed.
Marchand 1987 : Marchand C. — Rapport sur les essais préliminaires de nettoyage des cuirs gorgés d'eau par électrophorèse. Electricité de France — Direction des Etudes et Recherches, Val/003/87, Saint-Denis, 1987.
Marchesini, Badan 1981 : Marchesini L., Badan B. — Phénomènes de corrosion sur les chevaux de Saint Marc. *In* : Les chevaux de Saint Marc. Réunion des Musées Nationaux, Paris, 1981, p. 194-204.
Maréchal 1983 : Maréchal J.R. — La préhistoire de la métallurgie. *Revue Archéologique Sites*, Avignon, 1983.
Marian, Wissing1960 : Marian J.E., Wissing A. — The chemical and mechanical deterioration of wood in contact with iron. Svensk Papperstidning, arg. 63, 4, 1960.
Marsh 1987 : Marsh D. — Some practical problems in running a humidification system in huntly house Edinburgh. *In* : (I.C.O.M., Sydney, 1987), p. 885-887.
Masschelein-Kleiner 1981 : Masschelein-Kleiner L. — Les solvants. IRPA, Bruxelles, Cours de Conservation, 2, 1981.
Masschelein-Kleiner 1985 : Masschelein-Kleiner L. — Vieillissement naturel et artificiel des produits synthétiques comparé à celui des produits naturels. *In* : Séminaire sur les Produits Synthétiques pour la Conservation et la Restauration des Oeuvres d'Art, Berne, 1985, p. 65.
Masson 1987 : Masson A. — L'homme et le matériel lithique et céramique. Pétrographie, roches siliceuses. *In* : Miskovsky J.C. dir. — Géologie de la Préhistoire, Paris, 1987, p. 841-857.
Masurel 1982 : Masurel H. — Les tissus antiques de l'âge des métaux à l'époque mérovingienne. Fabrication — gisements — traitements. *Sites*, 13, 1982, p. 11-25.
Masurel 1987 : Masurel H. — Les vestiges textiles de la motte d'Apremont. *In* : Trésors des Princes celtes. Ed. de la réunion des Musées Nationaux, Paris, 1987.
Matienzo, Snow 1986 : Matienzo L.J., Snow C.E. — The chemical effects of hydrochloric acid and organic solvents on the surface of ivory. *Studies in Conservation*, 31, 1986, p. 133-139.
Matteini, Moles 1981 : Matteini M., Moles A. — Kinetic control of the reactivity of some formulations utilized for the cleaning of works of arts. *In* : (ICOM, Ottawa, 1981), p. (81.23.4)1-7
Mazurowski 1986 : Mazurowski R.F. — History, state and further directions of research on amber working in the stone and early bronze ages in Europe. *Swiatowit*, XXVI, Warszawa, 1986, p. 7-32.
Melucco 1986 : Melucco A. — Archéologie de fouille et conservation : limites et domaines d'intervention, respectivement de l'archéologue et du restaurateur. *In* : (ICCROM, Gand, 1986), p. 1-12.
Merk 1978 : Merk L.E. — A study or reagents used in the stripping of bronzes. *Studies in Conservation*, 23, 1978, p. 15-22.
Merk 1981 : Merk L.E. — The effectiveness of benzotriazole in the inhibition of the corrosive behaviour of stripping reagents on bronzes. *Studies in Conservation*, 26, 1981, p. 73-76.
Mertens 1984 : Mertens D.— Planing and executing anastylosis of stone buildings. *In* : (Stanley Price, 1984), p. 121-144.
Meyer 1987 : Meyer N. — Problèmes de stockage, ou l'art de la mise en boîte. *In* : Conservation-Restauration du Mobilier Archéologique, Journées Archéologiques de Paris Ile-de-France, Saint-Denis, 1987, p. 89-98. Repris *In* : (UNESCO, 1987)
Meyers 1978 : Meyers P. — Applications of X-ray radiography in the study of archaeological objects. *In* : Archaeological Chemistry II, Advances in Chemistry Series 171, American Chemical Society, Washington, 1978, p. 79-86.
Meynis de Paulin 1974 : Meynis de Paulin J.J., dir. — Les colles et adhésifs et leurs emplois industriels. Ed. Guy Le Prat, Paris, 1974, 271 p.
Miccio, Ronchi 1974 : Miccio M., Ronchi M. — Metodo B 70, proposta di un nuovo trattamento per l'eliminazione della corrosione « cyclica » nei bronzi archeologici. *In* : Conservazione dei Monumenti, Atti delle Sezione II del XXIX Congresso del ATI, Firenze, 1974, p. 204-210.
Michalski 1985 a : Michalski S. — Module de régulation de l'humidité relative. *Museum*, 37, 2, 1985, p. 85-88.

Michalski 1985 b : Michalski S. — Relative Humidity Control Module : Construction and Assembly Manual. I.C.C., Ottawa, 1985.

Miles 1986 : Miles C.E. — Wood coatings for display and storage cases. *Studies in Conservation*, 31, 1986, p. 114-124.

Millot 1964 : Millot G. — La géologie des argiles. Ed. Masson, Paris, 1964, 499 p.

Millot 1985 : Millot G. — Argiles et minéraux argileux. Encyclopaedia Universalis, II, 1985, p. 629-634.

Mills, White 1987 : Mills J.S., White R. — The organic chemistry of museum objects. Butterworths, London, 1987.

Miskovsky 1987 : Miskovsky J.-C. dir. — Géologie de la Préhistoire : Méthodes, Techniques, Applications. Association pour l'Etude de l'Environnement Géologique de la Préhistoire, Paris, 1987.

Möberg 1976 : Möberg C.A. — Introduction à l'Archéologie, Edition française François Maspero, Paris, 260 p. Edition originale Introduktion till Arkeologi, Stockhlom, 1969.

Möberg 1980 : Möberg C.A. — Vers une analyse sociologique en archéologie. *In* : Schnapp A. dir. — L'Archéologie Aujourd'hui. Paris, Hachette, 1980, p. 305-317.

Mofatt 1979 : Mofatt E. — Analysis of scotch mounting adhesive N° 567. *ARS*. N° 1671, ICC, Ottawa, 9 octobre 1979.

Mofatt 1981 : Mofatt E. — Ablebond 342-1 epoxy. *ARS* N° 1877, ICC, Ottawa, 8 décembre 1981.

Mofatt 1982 : Mofatt E. — Archival tapes and laminating materials. *ARS* N° 1844, ICC, Ottawa, 2 juin 1982.

Montembault 1987 : Montembault V. — La restauration du cuir archéologique. *In* : Conservation-Restauration des Biens Culturels — Recherches et Techniques Actuelles, A.R.A.A.F.U., Paris, 1987, p. 36-45.

Monuments Historiques 1975 : La maladie de la pierre. *Monuments Historiques* , numéro hors série, éditions de la Caisse Nationale des Monuments Historiques et des sites, 1975.

Monuments Historiques 1977 : Les restaurations françaises et la Charte de Venise, *Monuments Historiques*, numéro hors série, éditions de la Caisse Nationale des Monuments Historiques et des sites, 1977.

Mora et al. 1977 : Mora P. et L., Philippot P. — La Conservation des peintures murales. Bologne, Ed. Compositori, ICCROM, 1977.

Morrison 1987 : Morrison L. — The treatment, mounting and storage of a large group of archaeological textile fragments. *In* : (I.C.O.M., Sydney, 1987), p. 391-396.

Morrison 1988 : Morrison L. — Some suggested materials for the repair and reconstruction of archaeological leather. *In* : (Conservation today, 1988), p. 107-111.

Mosaïque 1977 ; Mosaïque n°1. Détérioration et Conservation. Comité International pour la Conservation des Mosaïques. I.C.C.R.O.M., Rome, 1977.

Mosaïque 1981 : Mosaïque n°2. Sauvegarde. Comité International pour la Conservation des Mosaïques, Carthage 1978-Périgueux 1980, I.C.C.R.O.M., 1981.

Mosaïque 1985 : Mosaïque n° 3. Conservation in situ. Comité International pour la Conservation des Mosaïques, Aquilea 1983, I.C.C.R.O.M., 1985.

Mosaïque 1987 : Mosaïque n°4. Conservacion in situ. Comité International pour la Conservation des Mosaïques, Soria 1986, Servicio de Investigaciones Arqueologicas, Diputacion de Soria, 1987.

Moss 1952 : Moss A.A. — Niello. *Studies in Conservation*, 1, 1952, p. 49-62.

Mourey 1987 a : Mourey W. — La conservation des antiquités métalliques, de la fouille au musée. LCRRA, Draguignan, 1987.

Mourey 1987 b : Mourey W — Etude comparée de la résistance à diverses formes de corrosion des revêtements protecteurs utilisés en conservation des métaux. *In* : (ICOM, Sydney, 1987), p. 1087-1091.

Nansenet 1982 : Nansenet V. — Rapport de stage au Corning museum of glass. Mémoire de Maitrise de Sciences et Techniques, Université de Paris I — Panthéon — Sorbonne, Paris, 1982.

Naud 1987 : Naud C. — Conservation préventive. *In* : Conservation-Restauration des Biens Culturels-Recherches et Techniques Actuelles, A.R.A.A.F.U., Paris, 1987, p. 74-77.

Newey 1987 : Newey H. — 17 years of dehumidified showcases in the British Museum. *In* : (I.C.O.M., Sydney, 1987), p. 901-907.

Newton 1974 : Newton R.G. — The deterioration and conservation of painted glass : a critical bibliography and three research papers, London, 1974.

Newton, Shaw 1988 : Newton R.H., Shaw G. — Another unsolved problem concerning weathering layers. *Glass Technology*, 29, 2, avril 1988.

Nockert, Wadsten 1978 : Nockert M., Wadsten T. — Storage of archaeological textile finds in sealed boxes. *Studies in Conservation*, 23, 1978, p. 38-41.

Noël, Bocquet 1987 : Noël M., Bocquet M. — Les Hommes et le bois : histoire et technologie du bois de la préhistoire à nos jours. Paris, Hachette, 1987.

North 1987 : North N.A. — Corrosion of metals, Conservation of metals. *In* : Pearson C. dir. — Conservation of marine archaeological objects, Butterworths, London, 1987, p. 68-98, p. 207-252.

North, Pearson 1975 : North N.A., Pearson C. — Alkaline sulfite reduction treatment of marine iron. *In* : (ICOM, Venice, 1975), p. (75.13.3)1-14.

North, Pearson 1978 : North N.A., Pearson C. — Washing methods for chloride removal from marine iron artifacts. *Studies in Conservation*, 23, 1978, p. 174-186.

Oddy 1974 : Oddy W.A. — Toxicity of benzotriazole. *Studies in Conservation*, 19, 1974, p. 188-189.

Oddy 1975 : Oddy W.A. — The corrosion of metals on display. *In* : Conservation in Archaeology and the Applied Arts, I.I.C., London, 1975, p. 235-237.

Oddy 1987 : Oddy W.A. — New method for the conservation of iron : ionophoresis in a non aqueous electrolyte. *In* : (Recent Advances, 1987), p. 155-158.

Oddy et al. 1983 : Oddy W.A., Bimson M., La Niece S. — The composition of niello decoration in gold, silver and bronze in the antique and mediaeval periods. *Studies in Conservation*, 28, 1983, p. 29-35.

Oddy, Bimson 1985 : Oddy W.A., Bimson M. — Tinned bronze in antiquity. *In* : Lead and Tin Studies in Conservation and Technology, Occasional papers, 3, UKIC, London, 1985, p. 33-39.

Oddy, Hughes 1970 : Oddy W.A., Hughes M.J. — The stabilization of active bronze and iron antiquities by the use of sodium sesquicarbonate. *Studies in Conservation*, 15, 1970, p. 183-189.

Olive, Pearson 1975 : Olive J., Pearson C. — The conservation of ceramics from marine archaeological sources. *In* : (IIC, Stockholm, 1975), p. 199-204.

Organ 1953 : Organ R.M. — Use of ion exchange resin in the treatment of lead objects. *Museums Journal*, 53, 1953, p. 49-52.

Organ 1959 : Organ R.M. — Treatment using Ultra-sonic Vibrations. *Studies in Conservation*, 1, 1959, p. 35-37

Organ 1961 : Organ R.M. — The conservation of cuneiform tablets. *British Museum Quarterly*, XXIII, 2, 1961, p. 52-58.

Organ 1965 : Organ R.M. — The Reclamation of the Wholly Mineralized Silver in the Ur Lyre. *In* : Application of Science in Examination of Works of Art, Museum of Fine Arts, Boston, 1965, p. 126-144.

Organ 1977 : Organ R.M. — The current status of the treatment of corroded metal artifacts. *In* : Corrosion and Metal Artifacts, National Bureau of Standard Publication 479, Washington, 1977, p. 107-142.

Oxley, Gobert 1983 : Oxley T.A., Gobert E.G. — The Professionals and Home Owners Guide to Dampness in Buildings, Butterworths, London, 1983.

Padfield 1966 : Padfield T. — The control of relative humidity and air pollution in show cases and picture frames, *Studies in Conservation*, 11, 1966, p. 8.

Padfield et al. 1982 : Padfield T., Erhardt D., Hopwood W. — Trouble in store. *In* : Science and Technology in the Service of Conservation, Congrès de Washington, I.C.C., 1982, p. 24-27.

Païn, Bertholon 1988 : Païn S., Bertholon R. — Le traitement électrolytique des objets archéologiques en alliage cuivreux. Electricité de France-Direction des Etudes et Recherches, VAL/006/88, Saint-Denis, 1988.

Parrent 1985 : Parrent J.M. — The conservation of waterlogged wood using sucrose. *Studies in Conservation*, 31, 1985.

Parviz Redjali 1984 : Parviz Redjali M.H. — Déshumidification d'une vitrine par un système de chauffage. *In* : (I.C.O.M., Copenhague, 1984), p. (84.17)43-45.

Pascoe 1982 : Pascoe M.W. — Organic coatings for iron : a review for methods. *In* : Conservation of iron, Maritime Monographs and Reports, n° 53, National Maritime Museum, Greenwich, 1982, p. 56-57.

Paterakis 1987 a : Paterakis A.B. — A comparative study of soluble salts in contaminated ceramics. *In* : (ICOM, Sydney, 1987), p. 1017-1021.

Paterakis 1987 b : Paterakis A. B. — The Deterioration of Ceramics by Soluble Salts and Methods for Monitoring their Removal. *In* : (Recent Advances, 1987), p. 67-72.

Patscheider, Veprek 1986 : Patscheider J. Veprek S. – Application of low-pressure hydrogen plasma to the conservation of ancient iron artifacts. *Studies in Conservation*, 31, 1986, p. 29-37.

Peacock 1983 : Peacock E.E. — The conservation and restoration of some anglo-scandinavian leather shoes. *The Conservator*, 1983, p. 18-23.

Peacock 1987 : Peacock E.E. — Anthropological textiles : a mounting solution. *In* : (I.C.O.M., Sydney, 1987), p. 407-412.

Pearson 1979 : Pearson C. — The use of PEG for the treatment of waterlogged wood — its past and futur. *In* : International Symposium of conservation of large objects of waterlogged wood, Amsterdam, 1979, p. 51-56.

Pearson 1987 : Pearson C — Conservation of ceramics, glass and stone. *In* : Pearson C. dir. — Conservation of Marine Archaeological Objects. Butterworths, London, 1987, p. 253-267.

Pennec, Saillant 1988 : Pennec S., Saillant P.Y. Vitrine sous gaz inerte. Paris non publié, 1988.

Peroni et al. 1981 : Peroni et alii — Lime-based mortars for the repair of ancient masonry and possible substitute. *In* : (ICCROM, Rome, 1981).

Pétrequin et al. 1987 : Pétrequin P., Beck C.W., Piningre J.F., Hartman P., Simone (De) S.R. — L'Importation d'ambre balte ; un échantillonnage chronologique de l'est de la France. *R.A.E.*, XXXVIII, 3-4, 1987, p. 273-284.

Petrou-Lykiardopoulou 1987 : Petrou-Lykiardopoulou M. Coping with the problem of the decay of byzantine leads seals in the Numismatic Museum at Athens. *In* : (Recent Advances, 1987), p. 165-167.

Peyches 1970 : Peyches I. — Pouquoi le verre est-il transparent ? *Le courrier*, décembre, 1970.

Peyches 1971 : Peyches I. — Qu'est-ce que le verre ? *Verres et réfractaires*, 25, 4/5, juillet-octobre 1971.

Peyches 1985 : Peyches I. — Etat vitreux. Encyclopedia Universalis, 18, p. 980-982.

Péguin 1970 : Péguin P. — La physique du métal. Que Sais-Je ? Presses Universitaires de France, Paris, 1970.

Philippot 1972 : Philippot P. — Restauration : phylosophy, criteria, guidelines. *In* : Preservation and Conservation : principles and practices. North American Conference, Williamsburg and Philadelphia, 1972.

Philippot, Philippot 1959 : Philippot A., Philippot P. Le problème de l'intégration des lacunes dans la restitution des peintures. *Bull. de l'IRPA*, II, Bruxelles, 1959.

Philippot 1977 : Philippot P. — Le problème des lacunes dans les mosaïques. *In* : (Mosaïque 1977)

Picon 1973 : Picon M. — Introduction à l'étude technique des céramiques sigillées de Lezoux. Laboratoire du C.E.R.G.R., N° 2, Lyon, 1973.

Picon, 1976 : Picon M. — Remarques préliminaires sur deux types d'altération de la composition chimique des céramiques au cours du temps. *Figlina*, 1, 1976, p. 159-166.

Piponnier 1989 : Piponnier D. — La Conservation-Restauration des bois polychromes. Institut Français de Damas, Damas, 1989.

Plenderleith 1934 : Plenderleith H.J. — The Preservation of Antiquities. The Museum Association, London, 1934.

Plenderleith 1966 : Plenderleith H.J. - La Conservation des Antiquités et des Oeuvres d'Art. Edition française Eyrolles, Paris, 1966.

(réédition en anglais seulement : Plenderleith H.J., Werner A.E.A., Oxford University Press, 1971.)

Plenderleith, Torraca 1979 : Plenderleith H., Torraca G. — La conservation des métaux sous les tropiques. *In* : (UNESCO, 1969), p. 255-268.

Poirot 1987 : Poirot J.P. - Les Perles. *Monde et minéraux*, 81, sept-oct. 1987. p. 28-38.

Pollard 1985 : Pollard S.C. Conservation of Pewter Objects from the Roman Reservoir at Bath. *In* : Lead and Tin Studies in Conservation and Technology, Occasional papers, 3, UKIC, London, 1985, p. 57-63.

Pourbaix 1963 : Pourbaix M. Atlas d'équilibres électrochimiques. Paris, Gauthier-Villars, 1963.

Pourbaix 1975 : Pourbaix M. - Leçons en corrosion électrochimique. Bruxelles, Cebelcor, 1975.

Price, MacQueen 1988 : Price J., MacQueen M. — Reflections on lifting neolithic structures. A tale of two archaeological sites. *In* : (Conservation Today,1988), p. 117-122.

Pugh 1978 : Pugh F. - Handling and Packing Works of Art. Art Council of Great Britain, 1978.

Pye 1984 : Pye E. — Conservation and storage : archaeological material. *In* : Manual of Curatorship : a Guide to Museum Practice. Ed. Thomson M.A., Bassett D.A., Davies D.G., Butterworths, London, 1984.

Pye, Cronyn, 1987 : Pye E., Cronyn J. — The Archaeological Conservator Re-examined : a personal view. *In* : (Recent Advances, 1987), p. 355-357.

Rado 1988 : Rado P. An Introduction to the Technology of Pottery. Pergamon Press, 2nd ed., 1988, 266 p.

Ramer 1981 : Ramer B.L. Stabilising relative humidity variation within display case : the role of silica gel and case design. *In* : (ICOM, Ottawa, 1981), p. 81/18/6.

Ramer 1984 : Ramer B.L. The design and construction of two humidity-controlled display cases. *In* : (ICOM, Copenhague, 1984), p. (84.17)46-59.

Randoin 1987 : Randoin B. dir. — Enregistrement des données de Fouilles Urbaines, première partie. Tours, Centre National d'Archéologie Urbaine, 1987, 98 p.

Rathje 1980 : Rathje — L'archéologie des poubelles. *In* : Schnapp A. dir. — l'Archéologie Aujourd'hui, Hachette, Paris, 1980, p. 251.

Ravindra et al. 1981 : Ravindra R., Dawson J.E., Lafontaine R.H. — The storage of untreated waterlogged wood. *Journal de IIC-CG*, 5/1-2, 1981, p. 25-31.

Recent Advances, 1987 : Recent Advances in the Conservation and Analysis of Artifacts, University of London, Institute of Archaeology, Jubilee Conservation Conference, ed. J. Black, Summer Schools Press, London, 1987.

Reid et al. 1984 : Reid N.K.M., Mac Leod I., Sander N. — Conservation of waterlogged organic materials : comments on the analysis of Polyethylene Glycol and the treatment of leather and rope. *In* : (I.C.O.M., Copenhague, 1984), p. (84.7)16-20.

Renault 1987 : Renault Ph. Phénomènes karstiques. *In* : Miskovsky J.C. dir. — Géologie de la Préhistoire, Paris, 1987, p. 170-196.

Revista Internazionale del vetro 1984 : Le verre et l'eau, *Revista della stazione sperimentale del vetro*, N° 5, 1984

Rhodes 1976 : Rhodes D. — Terres et Glaçures. Ed Dessain et Tolra, Paris, 1976.

Richey 1975 : Richey W.D. - Chelating agents, a review. *In* : (IIC, Stockholm, 1975), p. 229-234.

Richey 1982 : Richey W.D. - Recent advances in corrosion science. *In* : Science and technology in the service of conservation, IIC Congress, Washington, 1982, p. 108-118.

Rinuy 1982 : Rinuy A. Vergleichende Untersuchungen zur Entzalzung von Eisenfunden. *Arbeitblätter für Restauratoren*, Heft 1, 1982, p. 130-140.

Rinuy, Schweitzer 1981 : Rinuy A., Schweitzer F. — Méthodes de conservation d'objets de fouilles en fer : étude quantitative comparée de l'élimination des chlorures. *Studies in Conservation*, 26, 1981, p. 29-41.

Robbiola 1987 : Robbiola L. La corrosion des bronzes archéologiques. La maladie du

bronze : un aperçu scientifique. *In* : Conservation-restauration des biens culturels Recherches et Techniques Actuelles, A.R.A.A.F.U., Paris, 1987, p. 9-13.

Robbiola 1989 : Robbiola L. — Travaux non publiés.

Robbiola et al. 1988 : Robbiola L., Queixalos I., Hurtel L.P., Pernot M., Volfovsky C. — Etude de la corrosion des bronzes archéologiques de Fort-Harrouard : altération externe et mécanismes d'altération stratifiée. *Studies in Conservation*, 33, 1988, p. 205-215.

Robert, Delmas, 1984 : Robert M., Delmas A. B. La pédologie expérimentale et les aspects géochimiques et minéralogiques de l'évolution des sols. *In* : Livre Jubilaire du Cinquantenaire, Association Française pour l'Etude du Sol, 1984, p. 195-209.

Roberts 1984 : Roberts J.D. — Acrylic colloidal dispersions as pre-consolidants for waterlogged archaeological glass. *In* : (ICOM, Copenhague, 1984), p. (84.20)21-22

Roche 1987 : Roche A. · Paraloid B-72. *Conservation Restauration. Revue technique des artistes restaurateurs des objets d'art*, 7-8, 1987, p. 37-38.

Rose 1975 : Rose C.L. — A new approach to archaeological conservation. *In* : (I.I.C. Stockholm 1975), p. 165-167.

Rothe 1985 : Rothe A. — Vitrines climatisées pour peintures fragiles. *Museum*, 146 (37/2), Paris, 1985, p. 89-91.

Sabrie 1979 : Sabrie R. — La fouille des enduits peints. *In* : Peintures murales en Gaulle. Université de Dijon, Centre de Recherches sur les Techniques Gréco-romaines, 9, Dijon, 1979.

Saint-Denis 1983 : Ville de Saint-Denis Unité d'Archéologie. Rapport 1982. Saint-Denis, Unité d'Archéologie, 1983, 199 p.

Saint-Denis 1987 : Conservation-Restauration du Mobilier Archéologique, Journées Archéologiques de Paris Ile-de-France, Saint-Denis, 1987. Ville de Saint-Denis, Unité d'Archéologie.

Salin 1957 : Salin E. — La civilisation mérovingienne, troisième partie, les techniques. Paris, Picard, 1957.

Schiavi 1957 : Schiavi E. — Ritrovamento della tecnica pittorica greco-romana ad encausto. *In* : Atti e Memorie della Academia di Scienze e Lettere di Verona, ser.VI.VIII, 1957.

Schnapp 1980 : Schnapp A. dir. — L'Archéologie Aujourd'hui. Hachette, Paris, 1980.

Schnapp 1987 : Schnapp A. — L'archéologie apparente. *Préface*, 7, 1987, p. 58-61

Schofield 1986 : Schofield J. — Practical problems in the excavation of Roman and Medieval London. *In* : (ICCROM, Gand, 1986), p. 51-59.

Scholze 1980 : Scholze H. — Le verre, nature, structure et propriétés. Institut du verre, Paris, 1980, 2e édition.

Schultze 1970 : Schultze E. — Techniques de conservation et de restauration des monuments. Faculté d'Architecture, Rome, 1970.

Schweingruber 1982 : Schweingruber F.H. Anatomie microscopique du bois. Ed. F. Flück-Wirth, Internationale Buchhandlung für Botanik und Naturwissenschaften, Teufen, Suisse, 1982.

Schweizer 1984 : Schweizer F. — Stabilization of RH in exhibition cases : an experimental approach. *In* : (I.C.O.M., Copenhague, 1984), p. (84.17)50-53.

Scichilone 1986 : Scichilone G. — The site of the Cthedral at Atri : a case study of in situ conservation of archaeological remains. *In* : (I.C.C.R.O.M., Gand, 1986), p. 309-314.

Scott 1983 : Scott D.A. — The deterioration of gold alloys and some aspects of their conservation. *Studies in Conservation*, 28, 1983, p. 194-203.

Scott 1985 : Scott D.A. — Periodic corrosion phenomena in bronze antiquities. *Studies in Conservation*, 30, 1985, p. 49-57.

Scott, Seeley 1987 : Scott D.A., Seeley N.H. The washing of fragile iron artifacts. *Studies in Conservation*, 32, 1987, p. 73-76.

Sease 1978 : Sease C. — Benzotriazole : a review for conservators. *Studies in Conservation*, 23, 1978, p. 76-85.

Sease 1981 : Sease C. — The Case against using soluble nylon in conservation work. *Studies in Conservation*, 26, 3, 1981, p. 102-110.

Sease 1984 : Sease C. — Firts aid treatment for excavated finds. *In* : (Stanley Price ed., 1984),p. 31-54.

Segal, Mac Donald 1984 : Segal M., Mac Donald M. — Current research into the conservation of frozen skins from the artic. *In* : (I.C.O.M., Copenhague, 1984), p. (84.18)14-15.
Selberg-Daldorff 1987 : Selberg-Daldorff A. — Microbial corrosion and museum objects. *In* : (ICOM, Sydney, 1987), p. 1063-1066.
Selwitz 1988 : Selwitz Ch. — Cellulose Nitrate in Conservation. Research in Conservation, 2, The Getty Conservation Institute, 1988, 69 p.
Selzer 1985 : Selzer W. — Un nouveau système « souple » de vitrines. *Museum* 146 (37/2), 1985, p. 108-111.
Semczak 1977 : Semczak C.M. — A comparison of chloride tests. *Studies in Conservation*, 22, 1977, p. 40-41.
S.F.I.I.C. 1986 : Section Française de l'Institut International pour la Conservation, Charte française de la restauration. *Bulletin de la S.F.I.I.C.*, 2, 1986.
Shepard 1985 : Shepard A.O. — Ceramics for the archaeologist. Carnegie Institution, Washington D.C., 1985. (1re ed. 1956)
Shreir 1977 : Shreir L.L. — Corrosion. Vol.1. London, Newnes-Butterworths, 1977.
Skerry 1985 : Skerry B.S. — How corrosion inhibitors work. *In* : Corrosion inhibitors in conservation, Occasional papers, 4, UKIC, London, 1985, p. 5-12.
Smith 1976 : Smith C.S. — Some speculations on the corrosion of ancient metals. *Archaeometry*, 18, 1976, p. 114-116.
Sotton 1986 : Sotton M. — Les fibres textiles et leur transformation. *In* : Tissu et Vêtement, Musée Archéologique du Val-d'Oise, 1986, p. 11-20.
Spriggs 1988 : Spriggs J.A. — The Worcester Pilgrim Project. *In* : (Conservation today, 1988), p. 112-116.
Srâmek et al. 1978 : Srâmek J., Jacobsen T.B., Pelikàn J.B. — Corrosion and conservation of a silver visceral vessel from the beginning of the seventeenth century. *Studies in Conservation*, 23, 1978, p. 114-117.
Stambolov 1978 : Stambolov T. — Corrosion inhibitors. *In* : (ICOM, Zagreb, 1978), p. (78.23.9)1-6.
Stambolov 1985 : Stambolov T. — The corrosion and conservation of metallic antiquities and works of arts. Central Research Laboratory for Objects of Art and Sciences, Amsterdam, 1985.
Stambolov, Van Asperen de Boer 1976 : Stambolov T., Van Asperen de Boer J.R.J. — The deterioration and conservation of porous building materials in monuments. Rome, 1976, 2e édition.
Stambolov, Van Rheiden 1968 : Stambolov T., Van Rheiden B. — Note on the removal of rust from old iron with thioglycolic acid. *Studies in Conservation*, 1, 1968, p. 142-144.
Stanley Price 1984 : Stanley Price N. — Excavation and conservation. *In* : (Stanley Price, 1984), p. 1-10.
Stanley Price 1984 : Stanley Price N. Ed. — Conservation on archaeological excavation, with particular reference to the mediterranean area. I.C.C.R.O.M., Rome, 1984.
Starling 1984 : Starling K.M. — The freeze-drying of leather pre-treated with glycerol. *In* : (I.C.O.M., Copenhague, 1984), p. (84.18)19-21.
Stevels 1948 : Stevels J.M. — Progress in the theory of the physical properties of glass. Elsevier publishing company Inc, Amsterdam, 1948.
Stevels 1961 : Stevels J.M — Nouvelles idées sur la structure du verre. *Revue techn. Pilips*, 22, p. 325-337.
Stevens 1986 : Stevens A. — Structures nouvelles de protection des sites archéologiques du Tiers-Monde. *In* : (ICCROM, Gand, 1986), p. 225-244.
Stolow 1977 : Stolow N. — The microclimate : a localized solution. *Museum News*, 56, 2, Washington, 1977, p. 52-63.
Stolow 1978 : Stolow N. — The effectiveness of preconditioned silica gel and related sorbents for controlling humidity environments for museum collections. *In* : Musées, Conservation, Climat, Conférence de Rome, ICCROM, 1978, non publié.
Stolow 1979 : Stolow N. — La Conservation des Oeuvres d'Art pendant leur Transport et leur Exposition. Musées et Monuments XVII, UNESCO, 1979.
Stolow 1987 : Stolow N. — Conservation and Exhibitions : Packing, Transport, Storage and Environmental Considerations. Butterworths, London, 1987.

Taborin 1974 : Taborin Y. — La Parure en coquillage de l'Epipaléolithique au Bronze ancien en France. *Gallia Préhistoire*, 17, 1, 1974, p. 101-199 et 17, 2, 1974, p. 307-417.

Tassigny 1979 : Tassigny (de) C. — The suitability of gamma radiation polymerization for conservation treatment of large size waterlogged wood. *In* : International Symposium of conservation of large objects of waterlogged wood, Amsterdam, 1979, p. 77-84.

Tennent, Townsend 1984 a : Tennent N.H., Townsend J.H. — La signification de l'indice de réfraction des colles pour la restauration du verre. *In* : (IIC, Paris, 1984), p. 218-225.

Tennent, Townsend 1984 c : Tennent N.H., Townsend J.H. — Factors affecting the Refractive Index of Epoxy Resins. *In* : (ICOM, Copenhague, 1984), p. (84.20)26-28.

Teutonico 1988 : Teutonico J.M. — A laboratory manual for architectural conservation. I.C.C.R.O.M., Rome, 1988, 168 p.

Thomas-Goorieckx 1963 : Thomas-Goorieckx D. — Le plat de Hartogsz du Rijksmuseum, examen et traitement particulier d'un étain. *Bulletin de l'IRPA*, VI, Bruxelles, 1963, p. 69-78.

Thompson 1981 : Thompson M.W. — Ruins, their preservation and display. Londres, 1981.

Thomson 1977 : Thomson G. — The stabilization of relative humidity in exhibition cases : hygrometric half-time. *Studies in Conservation*, 22, 1977, p. 85-102.

Thomson 1978 : Thomson G. — Climate control policy. *In* : (I.C.O.M., Zagreb, 1978), p. 78/18/1.

Thomson 1986 : Thomson G. — The Museum Environment. Butterworths, London, 1986, 2e édition.

Thouvenin 1970 : Thouvenin A. — L'étamage des objets de cuivre et de bronze chez les anciens. *Revue d'Histoire des Mines et de la Métallurgie*, 2, 1970, p. 101-109.

Torraca 1975 : Torraca G. — Solubility and solvents for conservation problems. *In* : CIC, Rome, 1975.

Torraca 1985 : Torraca G. — Dangers présentés par l'utilisation des produits synthétiques pour les œuvres d'art et pour les restaurateurs. *In* : séminaire Produits Synthétiques pour la Conservation et la Restauration des Oeuvres d'Art, Berne, 1985, p. 41-55.

Torraca 1986 a : Torraca G. — Matériaux de construction poreux. Rome, ICCROM, 1986.

Torraca 1986 b : Torraca G. — Scientific Methodologies applied to works of art. *In* : Proceedings of the Symposium Florence, Italy, 2-5 may 1984, Paolo L. Parrini editor, Montedison Progetto Cultura, Milan, 1986.

Toutain 1984 : Toutain F. — Biologie des sols. *In* : Livre Jubilaire du Cinquantenaire, Association Française pour l'Etude du Sol, 1984, p. 253-271.

Trotignon 1982 : Trotignon J.P. — Précis de matières plastiques. AFNOR, Nathan, Paris, 1982.

Tsoumis 1968 : Tsoumis G. — Wood as a raw material. Pergamon Press, 1968.

Tubb 1987 : Tubb K.F. — Conservation of the Lime Plaster Statues of Ain Ghazal. *In* : (Recent advances, 1987) p. 387-391.

Tuck, Logan 198 : Tuck J.A., Logan J.A. — Archaeology and conservation : working together ? *In* : In situ archaeological conservation. Proceedings of meeting, april 1986, Mexico, Instituto nacional de Antropologia e Historia (Mexico) and J.P. Getty Trust (California), 1987, p. 56-63.

Tuleff 1961 : Tuleff J. — Evolution des vides des produits céramiques en fonction de leur température de cuisson. *Bulletin de la Société Française de Céramique*, 50, 1961, p. 17-24.

Turgoose 1982 : Turgoose S. — Post excavation changes in iron antiquities. *Studies in Conservation*, 27, 1982, p. 97-101.

Turgoose 1985 a : Turgoose S. — The corrosion of Lead and Tin : before and after excavation. *In* : Lead and Tin. Studies in Conservation and Technology, Occasional papers, 3, UKIC, London, 1985, p. 15-26.

Turgoose 1985 b : Turgoose S. — Corrosion inhibitors in conservation. *In* : Corrosion inhibitors in conservation, Occasional papers, 4, UKIC, London, 1985, p. 13-17.

Turisheva 1984 : Turisheva R.A. — The application of new materials to the conservation of ferrous metals in a museum collection. *In* : (ICOM, Copenhague, 1984), p. (84.22)41-43.

Tylecote 1962 : Tylecote R.F. — Metallurgy in archaeology. London, Edward Arnold, 1962.

Tylecote 1984 : Tylecote R.F. — A history of metallurgy. London, The Metals Society, 1984.

Tylecote 1987 : Tylecote R.F. – The early history of metallurgy in Europe. London, Longman, 1987.

Tylecote, Black 1980 : Tylecote R.F., Black J.W.B. — The effect of hydrogen reduction on the properties of ferrous materials. *Studies in Conservation*, 25, 1980, p. 87-96.

U.K.I.C. 1980 : Conservation, Archaeology and Museums. *In* : Occasional papers, 1, UKIC, 1980 .

U.K.I.C. 1981 : United Kingdom Institute for Conservation — Guidance for Conservation Practice, UKIC, London, 1981.

U.K.I.C. 1987 : United Kingdom Institute for Conservation — From pinheads to hanging bowls : the identification, deterioration and conservation of applied enamel and glass decoration on archaeological artefacts. *In* : Occasionnal papers, 7, 1987, p. 3-18.

U.N.E.S.C.O. 1969 : La Préservation des Biens Culturels, notamment en milieu tropical. Musées et Monuments XI, U.N.E.S.C.O., Lausanne, 1969, 363 p.

U.N.E.S.C.O. 1970 : Convention concernant les mesures à prendre pour interdire et empêcher l'importation, l'exportation et le transfert de propriété illicites des biens culturels, adoptée par la Conférence Générale à sa seizième session, UNESCO, Paris, le 14 novembre 1970.

U.N.E.S.C.O. 1987 : Conservation des sites et du mobilier archéologique. Principes et méthodes. Meyer N., Relier C., dir., Etudes et Documents sur le Patrimoine Culturel, 15, 117 p.

Valot, Petit 1988 : Les résines synthétiques et les substances naturelles. Ministère de la Culture et de la Communication, Ecole du Louvre, Paris 1988, 174 p.

Van Dienst 1985 : Van Dienst E. — Some remarks on the conservation of wet archaeological leather. *Studies in Conservation*, 30, 1985, p. 86-92.

Van Soest et al. 1984 : Van Sœst H.A.B., Stambolov T., Hallebeek P.B. — Conservation of leather. *Studies in Conservation*, 29, 1984, p. 21-31.

Veloccia 1977 : Veloccia M.L. — Problèmes de conservation provenant des mosaïques in situ. *In* : (Mosaïque 1977).

Veprek et al. 1987 : Veprek S., Elmer J.Th., Eckmann Ch., Jurcik-Rajman M. — Restoration and conservation of archaeological artifacts by means of a new plasma-chemical method. *Journal of the electrochemical society*, vol. 134, 10, 1987, p. 2398-2405.

Verhaegue 1968 : Verhaegue F. — La céramique médiévale : problèmes concernant la glaçure. Berichten R.O.B., 1968, p. 193-208.

Vesanto 1987 : Vesanto A. — Problems with the humidification system at the handicraft Museum of Finland. *In* : (I.C.O.M., Sydney, 1987), p. 927-929.

Viry 1978 : Viry C. — Création et fonctionnement d'une installation de conditionnement d'air. *In* : Musées, Conservation, Climat, Conférence de Rome, ICCROM, 1978, non publiée.

Vogel 1985 : Vogel W. — Chemistry of glass. *The American Ceramic Society*, 1985.

Volfovsky et al. 1984 : Volfovsky C. — Ordre séquentiel d'intervention sur un objet métallique au sortir de la fouille archéologique. *Lettre d'information archéologique orientale*, 7, avril 1984, p. 43-51.

Walker 1982 : Walker R. The role of corrosion inhibitors in the conservation of iron. *In* : Corrosion inhibitors in conservation, Occasional papers, 4, UKIC, Londres, 1982, p. 58-65.

Waller 1987 : Waller C. — Protection temporaire d'objets techniques. *In* : Conservation-Restauration des Biens Culturels : Recherches et Techniques Actuelles, A.R.A.A.F.U., Paris, 1987, p. 94-97.

Wangermee 1988 : Wangermee — La politique culturelle de la France. *In* : Rapport du Groupe d'Experts Européens, Programme Européens d'Evaluation, La Documentation Française, Paris, 1988.

Ward sans date : Ward P.R. — In Support of Difficult Shapes. British Columbia Provincial Museum, manual n° 6.

Watkinson 1979 : Watkinson D. – Lithium hydroxyde : an interim report. *In* : The conservation and restoration of metals, Scottisch Society for Conservation and Restoration, Edinburgh, 1979, p. 24-31.

Watkinson 1982 : Watkinson D. – An assessment of lithium hydroxyde and sodium hydroxyde treatments for archaeological ironworks. *In* : Conservation of iron, Maritime Monographs and Reports, 53, National Maritime Museum, Greenwich, 1982, p. 28-40.

Watkinson 1983 : Watkinson D. — Degree of mineralization : its significance for the stability and treatment of excavated iron work. *Studies in Conservation*, 28, 1983, p. 85-90.

Watson 1985 : Watson J. – Conservation of Lead and Lead Alloys using EDTA Solutions. *In* : Lead and Tin. Studies in Conservation and Technology, Occasional papers, 3, UKIC, London, 1985, p. 44-45.

Weast 1980 : Weast — CRC Handbook of Chemistry and Physics. CRC Press, Boca Raton, 1980, 60th ed.

Weier 1973 : Weier L.E. — The deterioration of inorganic material under the sea. *Institute of Archaeology Bulletin*, University of London, Tome 2, 1973, p. 131-163.

Weil 1977 : Weil P.D. — A review of the history and practice of patination. *In* : Corrosion and Metal Artifacts, National Bureau of Standard Publication 479, Washington, 1977, p. 77-92.

Weintraub, Miura 1981 : Weintraub S., Miura S. – Studies on the behavior of relative humidity within an exhibition case. *In* : (ICOM, Ottawa, 1981), p. 81/18/4 et 81/18/5.

Weisser 1975 : Weisser T.S. — The de-alloying of copper alloys. *In* : (IIC, Stockolm, 1975), p. 207-214.

Werner 1965 : Werner A.E. – Two Problems in the Conservation of Antiquities : Corroded Lead and Brittle Silver. *In* : Application of Science in Examination of Works of Art, Museum of Fine Arts, Boston, 1965, p. 96-104.

Werner 1966 : Werner A.E. — The care of glass in museums. *Glass technical supplement*, 13, juin 1966, p. 45-49.

Werner 1987 : Werner A.E. — Corrosion of metal caused by wood in closes spaces. *In* : (Recent Advances, 1987), p. 185-187.

Wihr 1964 : Wihr R. — Bergung und Konservierung römischer Wandmalereien. *In* : Berliner Jahrbuch für Vor und Frühgeschichte, I, 1964.

Wihr 1977 : Wihr R. — Restaurierung von Keramik und Glas. Callwey, Munich, 1977.

Wihr 1986 : Wihr R. — The Preservation of damaged stone by the so-called acrylic-total-impregnation process : experience over seven years. *In* : Case studies in the Conservation of Stone and Wall Paintings, Preprints of the I.I.C. Conference, Bologne, 1986, p. 62-65.

Wills et al. 1987 : Wills B., Calver A., Cruickshank P. – Experimental freeze-drying of ethnographic skins and gut. *In* : (I.C.O.M., Sydney, 1987), p. 225-231.

Winter 1982 : Winter A. — Altération des surfaces de verres anciens. *Verres et réfractaires*, 36, 1, Janvier-février 1982.

Witte 1983 a : Witte (de) E. — Resins in conservation. Introduction to their properties and applications. *In* : Resins in conservation. Scottish Society for Conservation and Research, Tate J.O., Tennent N.H., Townsend J.H., eds, University of Edinburgh, 1983.

Witte 1983 b : Witte (de) E. — Verlijkend onderzoek van enkele « aleslijmers » (étude comparative de quelques colles « universelles »). *Bulletin de l'IRPA*, 19, 1982-83, p. 105-114. Article traduit par Christians J.-J. et paru dans *Conservation Restauration. Revue technique des Artistes Restaurateurs des Oeuvres d'Art*, 7/8, ss d., p. 34-37.

Witte 1985 : Witte (de) E. — Vieillissement naturel et artificiel des produits synthétiques comparé à celui des produits naturels. *In* : Séminaire sur les Produits Synthétiques pour la Conservation et la Restauration des Oeuvres d'Art, Berne, 1985, p. 87-97.

Witte 1987 : Witte (de) E. — Maintenance of the Defensor 2000-V. *In* : (I.C.O.M., Sydney, 1987), p. 863-866.

Witte (de) et al. 1978 : Witte (de) E., Goessens-Landrie M., Goethals E.J., Simonds R. — The structure of « old » and « new » paraloid B 72. *In* : (ICOM, Zagreb, 1978), p. 78/16/3.

Witte (de) et al. 1984 : Witte (de) E., Florquin S., Goessens-Landrie M. – L'influence de la modification des dispersions sur les propriétés des films. *In* : (I.I.C., Paris, 1984), p. 29-32.

Wouters 1984 : Wouters J. -- The lyophilization of impregnated wet leather. *Bulletin de l' I.R.P.A. -- KIK*, 20, 1984, p. 215-227.

Yon 1981 : Yon M. dir. - Dictionnaire illustré multilingue de la céramique du Proche Orient Ancien. Institut Français d'Archéologie du Proche Orient, publication hors série, Maison de l'Orient, Lyon, 1981. 310 p.

Ministère de l'Éducation nationale, Paris. – Publication de l'Institut français d'archéologie orientale.
Dépôt légal : 2e trimestre 2002 ; numéros d'éditeur et d'imprimeur 888/0113

DIFFUSION

Ventes directes et par correspondance

Au Caire

à l'IFAO,
37 rue El-Cheikh Aly Youssef (Mounira)
[B.P. Qasr El-'Ayni nº 11562]
Le Caire (R.A.E.)

Fax: (20.2) 794 46 35
Tél.: (20.2) 797 16 00
http://www.ifao.egnet.net

Section Diffusion Vente 

Tél.: (20.2) 797 16 22
e-mail: ventes@ifao.egnet.net

Leila Books
39 Kasr El-Nil St. 2nd floor - office: 12
[P.O. Box 31 → Daher 11271]
Cairo (Egypt)

Fax: (20.2) 392 44 75
Tél.: (20.2) 393 44 02
395 97 47

e-mail: leilabks@intouch.com
http://www.leila-books.com

En France

Vente en librairies
Diffusion: AFPU
Distribution: SODIS

الخزف، الزجاج، المعادن، المواد العضوية... الخ، كل تلك المواد تكتسب عند دفنها خصائص مختلفة عما نعرفه عنها عند استعمالها في حياتنا اليومية. فالقطع المصنعة من تلك المواد يصبح لها مدلول إنساني وقيمة تراثية عند الكشف عنها. وهي غالباً ما تكون في حالة تستوجب إجراء حفظ وترميم لها للحفاظ عليها.

يقدم هذا الكتاب، الذي يعد إضافة طال إنتظارها للمكتبة العربية، خبرة أحد عشر متخصصاً في مجال حفظ المقتنيات الأثرية، ليس فقط من الناحية النظرية ولكن عملياً بتقديم الطرق التقنية وكذلك الوصفات النادرة حتى يستفيد منها القائمون بأعمال الترميم لمجابهة المشاكل الخاصة بالحقل الأثري.

صورة الغلاف:
مقطع مصقول من ساق متآكل من النحاس (عين فقيه بسيناء، حفريات [...]
© المعهد العلمي الفرنسي للآثار الشرقية بالقاهرة / معمل الترميم [...]



IF 888 (*BiGen* 22)

9 782724 703191
ISBN 2-7247-0319-7
ISSN 1110-2470